[redacted]

Datum 26 maart 2026
Onderwerp Deelbesluit 2 – bodemanalyses Nederland 2020 t/m 2023
Behandeld door [redacted]
Ons kenmerk Z23-9170 / D26-3820
Uw kenmerk -
Bijlagen 2

Geachte [redacted]

Op 21 november 2023 heeft u een verzoek op grond van de Wet open overheid (Woo) ingediend. Dit Woo-verzoek heeft onder andere betrekking op bodemanalyses van alle gebieden die bij Staatsbosbeheer in beheer. In dit verzoek vraagt u om informatie over de afgelopen dertig jaar. Met u is afgesproken om het verzoek via deelbesluiten te behandelen. Dit is het tweede deelbesluit. Dit deelbesluit ziet op de periode 1 januari 2020 t/m 31 december 2022.

Allereerst wil ik mijn excuses aanbieden dat de behandeling van het ingediende Woo-verzoek langer duurt dan de wettelijke beslistermijn. De reden hiervoor is tweeledig. De behandeling van uw verzoek kost enerzijds meer tijd wegens de omvang hiervan. Anderzijds kost de behandeling van uw verzoek meer tijd wegens personele wisselingen in de periode na het indienen van uw verzoek. Door deze wisselingen is de capaciteit voor het behandelen van Woo-verzoeken voor een lange periode verminderd geweest.

Hieronder leest u wat de inhoud is van het tweede deelbesluit en hoe ik tot dit besluit gekomen ben.

Deelbesluit 2
Ik heb 58 documenten gevonden die onder reikwijdte van dit tweede deelbesluit vallen en nog niet openbaar zijn. Naar aanleiding daarvan heb ik besloten tegemoet te komen aan uw verzoek en de gevonden documenten deels openbaar te maken. In de bijlage bij dit besluit treft u de documenten en een overzicht hiervan aan. Ik heb voor de duidelijkheid de bijlagen genummerd. De nummers op het overzicht komen overeen met de nummers op de documenten. Document 49 is een bijlage bij document 35. Daarom heb ik ervoor gekozen om dit document wel op te nemen in het documentenoverzicht, maar niet opnieuw toe te voegen aan de documentenset. Deze is namelijk al te bekijken via document 35.

In aanvulling op het eerste deelbesluit, heb ik nog drie documenten gevonden uit 2023 die nog niet openbaar zijn gemaakt. Deze drie documenten maak ik ook via dit tweede deelbesluit deels openbaar.

In de documenten heb ik een deel van de gegevens onleesbaar gemaakt. Voor de motivering daarvan verwijs ik u naar de overwegingen verderop in dit besluit. Per onleesbaar gemaakt onderdeel is zichtbaar op basis waarvan de informatie niet openbaar wordt gemaakt.

Ik stuur de documenten gelijk bij dit besluit mee, omdat ik, nadat ik de zienswijzen heb gelezen, niet verwacht dat er bezwaar is tegen openbaarmaking van de documenten.

Wat aan dit besluit vooraf is gegaan
Op 17 juni 2024 is het eerste deelbesluit genomen. Dit deelbesluit heeft betrekking op de bodemanalyses over het jaar 2023. In het besluit van 17 juni 2024 staat wat er aan dit eerste deelbesluit vooraf is gegaan. Voor meer informatie hierover verwijs ik u naar dit besluit. Daarnaast is hierin een voorstel aan u gedaan om op 3 juli 2024 telefonisch contact te hebben om het vervolg van de behandeling van het door u ingediende Woo-verzoek te bespreken. Op 18 juni 2024 is met u afgesproken op 4 juli telefonisch contact te hebben. Wegens onverwachte en uiteindelijk langdurige afwezigheid van de behandelaar van dit verzoek heeft deze afspraak niet kunnen plaatsvinden.

Op 29 november 2024 heeft u Staatsbosbeheer in gebreke gesteld. Naar aanleiding daarvan heeft er op 3 december 2024 telefonisch contact met u plaatsgevonden. Op 10 december heeft u aanvullend daarop een e-mail gestuurd.

Op 20 januari 2025 heeft de behandelaar van het verzoek (hierna: de behandelaar) per e-mail een voorstel aan u gedaan voor het vervolg van de behandeling van dit Woo-verzoek. Op 20 januari heeft u hier per e-mail op gereageerd. Naar aanleiding daarvan heeft de behandelaar telefonisch contact met u opgenomen en is er gezamenlijk een vervolg afgesproken. Deze heeft de behandelaar dezelfde dag per e-mail aan u bevestigd.

Op 14 november 2025 heb ik negen derde-belanghebbenden de mogelijkheid geboden om een zienswijze in te dienen. Vijf hiervan hebben aangegeven geen bezwaren te hebben tegen openbaarmaking van de documenten op voorgestelde wijze. Van vier van de derde-belanghebbenden heb ik geen reactie ontvangen op het verzoek om zienswijze. Daarom ga ik ervan uit dat zij geen bezwaren hebben tegen de voorgenomen openbaarmaking. Op basis hiervan kom ik tot de conclusie dat de documenten direct openbaar gemaakt kunnen worden.

Uw Woo-verzoek
Het moment waarop u uw verzoek heeft gedaan, heeft gevolgen voor naar welke documenten is gezocht. Een Woo-verzoek kan nooit gaan over documenten die na het opsturen van uw verzoek zijn geschreven.[1] Dit houdt in dat documenten die later zijn gemaakt dan de datum van uw verzoek, 12 november 2023, niet zijn meegenomen bij de behandeling van uw Woo-verzoek.

Op 20 januari 2025 is met u afgestemd dat de behandelaar op zoek gaat naar rapporten die zien op bodemonderzoeken, soortgelijk aan het rapport dat door Tauw genoemd wordt in het artikel bij deze link: https://www.tauw.nl/projecten/bodemonderzoek-natuurontwikkeling-de-oeverlanden.html. Het gaat in dat geval om onderzoek naar de bodemgesteldheid in een gebied waarbij de ambitie is om natuur te ontwikkelen op meerdere landbouwpercelen. In dit tweede deelbesluit staan de jaren 2020, 2021 en 2022 centraal.

Resultaten onderzoek
Ik heb onderzoek gedaan of Staatsbosbeheer de documenten heeft waarop uw informatieverzoek betrekking heeft. Samen met de informatiespecialist heb ik onderzocht welke rapporten in bezit zijn bij Staatsbosbeheer en onder reikwijdte vallen van dit tweede deelbesluit. Hiervoor is gezocht in het (natuurwetenschappelijk) archief en in het zaaksysteem. Hierbij is gebruik gemaakt van zoekwoorden zoals: ‘B-ware’, ‘bware’, nutrient/nutriënt, ‘stikstof’, ‘bodemanalyse’ en ‘hydrochemisch’, ‘bodemonderzoek’, ‘bodemkartering’, ‘bodemgesteldheid’,

[1] ECLI:NL:RVS:2015:623.

‘bodemtoestand’, ‘bodemkwaliteit’ en ‘bodem’. Met betrekking tot de gevonden documenten is gekeken of deze documenten rapporten zijn zoals bedoeld in de tweede alinea onder ‘Uw Woo-verzoek’.

Ik heb 72 documenten gevonden die onder reikwijdte van uw verzoek vallen. Een deel hiervan is echter al openbaar. De Woo is niet van toepassing op documenten die al openbaar zijn. Om u tegemoet te komen, heb ik de vindplaats van deze documenten opgenomen in het documentenoverzicht. Eén document is ook als bijlage toegevoegd aan één van de andere gevonden documenten. Daarom voeg ik dit document niet nogmaals toe en maak ik 57 documenten deels openbaar. Daarnaast heb ik vier documenten gevonden in aanvulling op het eerste deelbesluit dat betrekking heeft op 2023. Eén van deze vier documenten is al openbaar. Ook hiervan heb ik de vindplaats opgenomen in het documentenoverzicht. Dit betekent dat er 76 documenten zijn opgenomen in het documentenoverzicht en dat ik in totaal 60 documenten openbaar maak via dit tweede deelbesluit.

Overwegingen

Emissiegegevens

De onleesbaar gemaakte informatie bevat geen milieu-informatie die betrekking heeft op emissies in het milieu zoals bedoeld in artikel 5.1 lid 7 Woo. Dit betekent dat de uitzonderingen van 5.1 lid 1 en lid 2 van toepassing kunnen zijn.

De eerbiediging van de persoonlijke levenssfeer, art. 5.1, lid 2 sub e, Woo

De documenten die vallen onder uw verzoek bevatten persoonsgegevens. Deze persoonsgegevens worden op grond van artikel 5.1, tweede lid, aanhef en sub e, Woo niet openbaar gemaakt als het belang van openbaarheid niet opweegt tegen het belang van de bescherming van de persoonlijke levenssfeer. In de documenten staan persoonsgegevens zoals namen, directe telefoonnummers en e-mailadressen. Van openbaarmaking van dit soort gegevens wordt, in lijn met vaste rechtspraak, meestal afgezien.[2] Namen van personen die in hun functie in de openbaarheid treden worden wel openbaar gemaakt.

Concurrentiegevoelige bedrijfs- en fabricagegegevens, art. 5.1, lid 2 sub f, Woo

Een deel van de aangetroffen documenten bestaat uit concurrentiegevoelige bedrijfsgegevens van rechtspersonen, die niet vlalen onder art. 5.1 eerste lid sub c. Het gaat in dit geval om stukprijzen van producten. Openbaarmaking van deze specifieke gegevens kan het betrokken bedrijf schaden in zijn concurrentiepositie en daardoor kan het bedrijf onevenredig benadeeld worden ten opzichte van zijn concurrenten. Ik ben daarom van mening dat in dit geval het belang van het bedrijf zwaarder weegt dan het belang van openbaarmaking van deze concurrentiegevoelige gegevens. Ik maak deze gegevens daarom niet openbaar op grond van artikel 5.1, tweede lid, aanhef en sub f, Woo. Gegevens die niet herleidbaar zijn naar specifieke bedrijfsgegevens worden wel openbaar gemaakt.

Vervolg behandeling Woo-verzoek

Graag zou de behandelaar met u in contact treden over de verdere behandeling van uw Woo-verzoek. Ik stel voor om eind maart/begin april telefonisch contact hierover te hebben, zodat u ook de mogelijkheid hebt gehad om rustig de documenten te bestuderen. Ik zou u willen verzoeken een aantal contactmomenten voor te stellen door een e-mail te sturen naar woo@staatsbosbeheer.nl.

Rechtsmiddelen

Indien u het met dit besluit niet eens bent, kunt u binnen zes weken na verzending van dit besluit schriftelijk bezwaar maken. Ook een andere belanghebbende kan tegen dit besluit bezwaar maken. Het bezwaarschrift kan worden gestuurd aan de Directeur Staatsbosbeheer, Postbus 2, 3800 AA Amersfoort. Het is ook mogelijk om uw bezwaarschrift per e-mail te versturen naar info@staatsbosbeheer.nl. U wordt verzocht een afschrift van dit besluit bij het bezwaarschrift te voegen.

[2] ECLI:NL:RVS:2018:321.

Een bezwaarschrift moet zijn **ondertekend** en bevat tenminste:

- uw naam en adres;
- een datum;
- een omschrijving van het besluit waartegen het bezwaar is gericht;
- de redenen waarom u het niet eens bent met het besluit.

Het niet voldoen aan deze eisen kan leiden tot niet-ontvankelijkheid van het bezwaarschrift. Dat betekent dat uw bezwaar niet inhoudelijk wordt behandeld.

Als u nog vragen heeft, kunt u contact opnemen met [redacted] of Woo@staatsbosbeheer.nl.

Met vriendelijke groet,

de algemeen directeur Staatsbosbeheer, namens deze,

[redacted]

drs.ing. C.M.J. te Boome
directeur Terreinbeheer & Ontwikkeling (wnd)

Documentenoverzicht Woo-besluit Bodemanalyses heel Nederland - 2020 t/m 2023
Zaaknummer Z23-9170 | Deelbesluit 2

Documentnummer	Naam / kernwoorden	d.d. document	openbaar gemaakt?	Zienswijze
1	Rapport Eurofins - 749817/005364686	14-4-2021	ja, deels	Provincie Overijssel
2	Bodemchemisch onderzoek naar de natuurpotenties in de Handijksmeden	16-11-2021	ja, deels	n.v.t.
3	Rapport Eurofins - 749872/005364686	14-4-2021	ja, deels	Provincie Overijssel
4	Bodemchemisch onderzoek natuurpotenties vierde bergboezem	7-12-2022	ja, deels	n.v.t.
5	Bodemchemisch onderzoek NNP Sang en Goorkens	2-12-2021	ja, deels	Waterschap Aa en Maas
6	Bodem- en hydrochemisch onderzoek bufferzone schraallanden langs de Meije	12-12-2022	ja, deels	Provincie Utrecht
7	De waardplanten van de bosparelmoervlinder in Nederland	1-8-2021	ja, deels	Bosgroep Midden Nederland
8	Rapport Eurofins - 749868/005364686	14-4-2021	ja, deels	Provincie Overijssel
9	Besthmenerveentjes: geofysisch en bodemkundig onderzoek	5-1-2022	ja, deels	n.v.t.
10	Bodemchemische nulmeting Maashorst	13-12-2021	ja, deels	n.v.t.
11	Vervolgstudie bodemchemisch onderzoek Oude Strijper Aa	6-10-2020	ja, deels	n.v.t.
12	Rapport Eurofins - 749871/005364686	14-4-2021	ja, deels	Provincie Overijssel
13	Rapport Eurofins - 749870/005364686	14-4-2021	ja, deels	Provincie Overijssel
14	Bodem- en hydrochemisch onderzoek moeraszone Salmsteke	17-6-2022	ja, deels	Provincie Utrecht
15	Bodem- en hydrochemisch onderzoek natuurpotenties Tongelreepdal	11-1-2022	ja, deels	n.v.t.
16	Ontwikkelingen van flora, fauna en abiotische factoren in de Zelderse Driessen	9-7-2021	ja, deels	n.v.t.
17	Bodem- en hydrochemisch onderzoek natuurpotenties Overmarsch	12-7-2023	ja, deels	n.v.t.
18	Verwijderen van fosfaatrijke bovengrond voor herstel van het voormalige 's-Heerenven	9-7-2020	ja, deels	n.v.t.
19	Bemestingswijzer - 772642/005169979	21-9-2020	ja, deels	Provincie Overijssel
20	Bemestingswijzer - 772645/005169979	25-9-2020	ja, deels	Provincie Overijssel
21	Onderzoek grond locatie D - Bergschenhoek	26-8-2022	ja, deels	n.v.t.
22	Bemestingswijzer - 772644/005169979	21-9-2020	ja, deels	Provincie Overijssel
23	Evaluatie monitoring procesindicatoren De Bruuk	1-5-2021	ja, deels	Provincie Gelderland
24	Bodemchemisch onderzoek Reutum	17-6-2020	ja, deels	n.v.t.
25	Rapport Eurofins - 749822/005364686	14-4-2021	ja, deels	Provincie Overijssel
26	Kansrijkdom ontwikkeling stikstofgevoelige habitattypen in bufferzone oost Engbertsdijksvenen	31-1-2022	ja, deels	n.v.t.
27	Onderzoek nutriënten nieuwe natuur oostkant Dronten	10-3-2022	ja, deels	n.v.t.
28	Rapport Eurofins - 749869/005364686	14-4-2021	ja, deels	Provincie Overijssel
29	Biochemisch onderzoek Oeverlanden	9-7-2023	ja, deels	n.v.t.
30	Tussenrapportage: programma ontwikkeling en herstel heischraal grasland in Nederland (fase 1)	5-5-2021	ja, deels	VBNE
31	Bodemonderzoek, vegetatieontwikkeling & medegebruik in De Drie Polders	5-10-2022	ja, deels	n.v.t.
32	LESA Bruine Veld	1-11-2021	ja, deels	n.v.t.
33	Effecten van steenmeeltoediening na 5 jaar op de Strabrechtse heide	1-1-2020	ja, deels	Provincie Noord-Brabant
34	Onderzoek naar ruimtelijke verspreiding van leemlagen voor de uitbreiding van vochtige heide en heischrale grasla	21-9-2022	ja, deels	Provincie Overijssel
35	Herstel leefgebieden zadelsprinkhaan Gelderland	19-5-2021	ja, deels	Provincie Gelderland
36	Onderzoek grond locatie A, B & E - Bergschenhoek	26-8-2022	ja, deels	n.v.t.
37	Bemestingswijzer - 772643/005169979	30-9-2020	ja, deels	Provincie Overijssel
38	Projectplan POP3 Revitalisering Liesbos	1-7-2021	ja, deels	Provincie Noord-Brabant
39	Memo dal van 't Merkske	23-3-2020	ja, deels	n.v.t.
40	Bemestingswijzer - 768664/005094824	8-7-2020	ja, deels	Provincie Overijssel
41	Herstelmaatregelen tegen verzuring van droge heide - heidecorridor de Gully	1-1-2021	ja, deels	n.v.t.
42	Rapport Eurofins - 749873/005364686	14-4-2021	ja, deels	Provincie Overijssel
43	Bodem Perceel Weustendijk, Reutum: geofysisch bodemonderzoek	8-9-2020	ja, deels	n.v.t.
44	Controle plagdiepte Zuidzijderpolder en polder Abessinië	3-2-2022	ja, deels	n.v.t.
45	Bemestingswijzer - 768665/005094824	8-7-2020	ja, deels	Provincie Overijssel
46	Onderzoek grond locatie G & F - Bergschenhoek	26-8-2022	ja, deels	n.v.t.
47	LESA Prinsenmaat	21-1-2022	ja, deels	n.v.t.
48	Ecohydrologische studie Achterwaterschap: effect van peilverlaging op grondwaterafhankelijke vegetaties	11-11-2020	ja, deels	Infram
49	Bodemchemisch onderzoek in (potentiële) leefgebieden van de Zadelsprinkhaan in de provincie Gelderland		Nummer 49 wordt niet toegevoegd aan de documenten aangezien deze reeds als bijlage is toegevoegd aan rapport nummer 35.	n.v.t.
50	Bemestingswijzer - 768645/005094824	8-7-2020	ja, deels	Provincie Overijssel
51	Bemestingswijzer - 768676/005094824	8-7-2020	ja, deels	Provincie Overijssel
52	Bodemchemische quickscan Natuurpotenties Koudhoorn	6-9-2023	ja, deels	n.v.t.
53	Rapport Eurofins - 749820/005364686	14-4-2021	ja, deels	Provincie Overijssel
54	Bodemchemisch onderzoek natuurpotenties Ravenswaarden	22-11-2022	ja, deels	n.v.t.
55	Aanvullend bodemchemisch onderzoek en toetsing toekomstige waterpeilen zuidzijderpolder en polder Abessinië	13-2-2020	ja, deels	Provincie Zuid-Holland
56	Rapport Eurofins - 749819/005364686	14-4-2021	ja, deels	Provincie Overijssel
57	Rapport Eurofins - 749821/005364686	14-4-2021	ja, deels	Provincie Overijssel
58	Onderzoek potenties voor stikstofgevoelige habitats in de graslanden met bronzones rond Wolfhaag	14-11-2022	ja, deels	n.v.t.
59	Fosfaatonderzoek Klisserbeemden	17-9-2021	ja, deels	n.v.t.
60	Projectplan POP3 revitalisering Chaam-Strijbeek	1-7-2021	ja, deels	Provincie Noord-Brabant
61	Droogte-evaluatie Noordoost Twente	1-6-2020	ja, deels	n.v.t.

n.v.t.	Kansen voor oude droge heide in het heidelandschap	1-1-2020	reeds openbaar via: https://natuurkennis.nl/wp-content/uploads/2024/07/OBN-2020-240-DZ-Kansen-voor-oude-droge-heide.pdf	n.v.t.
n.v.t.	LESA Bargerveen	1-10-2020	Reeds openbaar via: https://www.ecologischeautoriteit.nl/projectdocumenten/012447_5104_landschapsecologische_systeemanalyse_schoonebeeke-hydrotheek_-stowa-_542237.pdf	Provincie Overijssel
n.v.t.	Geochemie van het voormalige getijdegebied Slikken van Flakkee	1-11-2020	reeds openbaar via: https://research-portal.uu.nl/en/publications/geochemie-van-het-voormalige-getijdegebied-slikken-van-flakkee-ch	n.v.t.
n.v.t.	De Bruuk: data-analyse t.b.v. Natura 2000 beheerplan	1-6-2021	Reeds openbaar via: https://ecologischeautoriteit.nl/projectdocumenten/012707_5127_KWR_2021.032_Data-analyse_voor_N2000_Beheerplan_Bruuk-11062021.pdf	n.v.t.
n.v.t.	Beschermingsplan Gentiaanblauwtje in Gelderland - fase 2	1-8-2021	Reeds openbaar via: https://assets.vlinderstichting.nl/docs/46ba8a93-eabd-4d54-b215-67eb8c7c776e.pdf	n.v.t.
n.v.t.	Effect van de COVID-19 lockdowns en droogte op de stikstofhuishouding van droge heide	1-8-2022	Reeds openbaar via: https://edepot.wur.nl/577582	
n.v.t.	LESA Bieslandse Bos & de Balij	15-12-2022	reeds openbaar via: https://www.staatsbosbeheer.nl/-/media/buytenhout/buytenhout-rapport-natuuronderzoek.pdf?la=nl-nl&hash=65FDAA510E84B7689B3B0AA7CB3E775E15FD5CB7	n.v.t.
n.v.t.	Onderzoek naar bodemchemie en vegetatie van de Zeeuwse Bloemdijken	25-2-2020	Reeds openbaar via: https://www.researchgate.net/publication/339552399_Onderzoek_naar_bodemchemie_en_vegetatie_van_de_Zeeuwse_bloemdijken	n.v.t.
n.v.t.	Effect van mobiele begrazing door koeien en kippen op kruidenrijk grasland op zandgrond	1-6-2021	Reeds openbaar via: https://edepot.wur.nl/545459	n.v.t.
n.v.t.	Natuurontwikkeling Roeghoorn	1-11-2021	Reeds openbaar via: https://natuurkennis.nl/publicaties/natuurontwikkeling-roeghoorn/	n.v.t.
n.v.t.	Onderzoek naar aanvullende mogelijkheden ter verbetering van de ondergroei in Overlangbroek	31-1-2022	reeds openbaar via: https://www.ecologischeautoriteit.nl/projectdocumenten/011624_5039_B-WARE_Eindrapportage_Overlangbroek_PR-21.073_31jan2022.pdf	n.v.t.
n.v.t.	Bodem- en hydrochemisch onderzoek natuurpotenties Roodzanden	1-3-2022	reeds openbaar via: https://drentscheaa.drenthe.nl/publish/pages/134078/b_ware_rapport.pdf	n.v.t.
n.v.t.	Bodemchemisch onderzoek in droge heide en bossen in de Meinweg en Maasduinen	24-5-2022	reeds openbaar via: https://www.ecologischeautoriteit.nl/projectdocumenten/010921_5002_Eindrapportage_MeinwegMaasduinen_240522.pdf	n.v.t.
n.v.t.	Potenties herstel stikstofgevoelige natuur in het Langven te Haelen	1-7-2022	reeds openbaar: https://www.researchgate.net/publication/369542683_Potenties_herstel_stikstofgevoelige_natuur_in_het_Langven_te_Haelen	n.v.t.
n.v.t.	Eindrapportage: Heischrale graslanden fase 1	1-1-2023	reeds openbaar: https://natuurkennis.nl/publicaties/heischrale-graslanden-fase-1/?_gl=1*1bzkxqa*_up*MQ..*_ga*MTg2ODkxNjA2Ny4xNzYzMDE1NTE2*_ga_QV2L6ECVQY*czE3NjMwMTU1MTUkbzEkZzEkdDE3NjMwMTYwMzMkajYwJGwwJGgw Dit is de eindrapportage van nr. 30	n.v.t.

BemestingsWijzer
Grasland
staatsbosb. 6

Uw klantnummer: 8957924

Provincie Overijssel
Eenheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice.agro@eurofins.com
I www.eurofins-agro.com

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
	749817/005364686	07-04-2021	14-04-2021
	inkoopd.4500018209		

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	2610	1410 - 2060					
	C/N-ratio		14	13 - 17					
	N-leverend vermogen	kg N/ha	135	95 - 145					
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	6	20 - 30					
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	465	255 - 355					
	C/S-ratio		76	50 - 75					
	S-leverend vermogen	kg S/ha	10	20 - 30					
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	3,1	2,8 - 4,1					
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	220	150 - 215					
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	30	95 - 140					
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	115	90 - 140					
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	30	90 - 215					
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	730	715 - 1070					
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	160	115 - 170					
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	190	50 - 150					
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	< 10	65 - 110					
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	20	30 - 45					
Fysisch	Zuurgraad (pH)		4,7	5,0 - 5,7					
	C-organisch	%	2,8						
	Organische stof	%	5,2						
	C/OS-ratio		0,54	0,45 - 0,55					
	Koolzure kalk	%	0,3	2,0 - 3,0					
	Klei (<2 µm)	%	2						
	Silt (2-50 µm)	%	11						
	Zand (>50 µm)	%	82						
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	52	> 61					
	CEC-bezetting	%	85	> 95					
	Ca-bezetting	%	55	75 - 85					
	Mg-bezetting	%	24	6,0 - 10					
	K-bezetting	%	4,4	2,0 - 5,0					
	Na-bezetting	%	1,2	1,0 - 1,5					
	H-bezetting	%	0,4	< 1,0					
	Al-bezetting	%	1,6	< 1,0					

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0				
Verslemping	rapportcijfer	8,0	6,0 - 8,0				

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

staatsbosb. 6

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch	Vochthoudend vermogen	mm	21						
	Microbiële biomassa	mg C/kg	612	260 - 780					
	Microbiële activiteit	mg N/kg	81	125 - 175					
	Schimmel/bacterie-ratio		0,7	0,7 - 1,0					

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

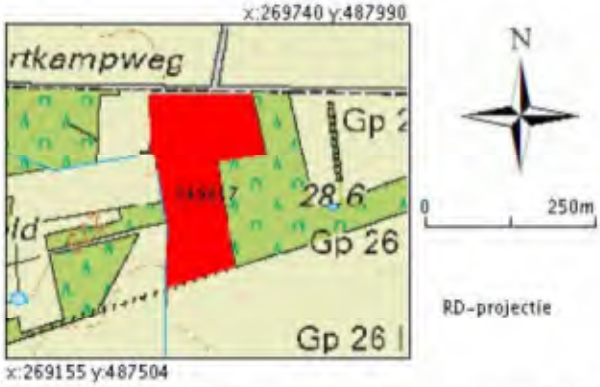
Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 40	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-$CaCl_2$)	= 2,4	mg P/kg
Pw-getal	= 38	mg P_2O_5/l



Hoekpunten perceel: 269488 487634, 269463 487789, 269533 487799, 269513 487889, 269458 487890, 269361 487889, 269366 487800, 269370 487797, 269372 487794, 269389 487693, 269388 487603, 269488 487634

Vanwege ruimtegebrek is het mogelijk dat niet alle coordinaten van de vastgelegde hoekpunten van het perceel op dit verslag zijn weergegeven. Deze zijn echter wel opgeslagen in onze database.

staatsbosb. 6

Advies **Stikstof (N)** **2021 t/m 2024**

	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	348	zeer licht weiden	< 1000	54	14	11	11	13	12	12
		licht weiden	1000 - 1500	75	21	32	32	29	26	24
		normaal weiden	1500 - 2000	91	48	49	49	43	37	32
		licht maaien	2000 - 2500	105	72	65	65	52	43	
		normaal maaien	2500 - 3000	116	93	77	77	59		
		zwaar maaien	> 3000	122	112	88	88			
		standweiden		75	-	52	41	42	32	32

		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	2021 1e snede	2021 volgende snedes	2022 t/m 2024 1e snede	2022 t/m 2024 volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	35 (2e snede)	35	35 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		15	0	25	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		15	0	25	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	15	20 (3e maaien)	25	20
		normaal maaien	> 2500	15	25 (3e maaien)	25	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		100	15 (eenmalig)	100	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		100	85 (eenmalig)	100	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	140	70	140	70
		normaal maaien	> 2500	180	100	180	100

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	110	110	110	110

		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	2021 1e snede	2021 volgende snedes	2022 t/m 2024 1e snede	2022 t/m 2024 volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)			25	25 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)			10	10 (eenmalig)	10	10 (eenmalig)

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	865	-	-	-
		Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 125			

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	0
	Calcium (CaO)	eenmalig	465
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
De P-buffering is 17 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 9

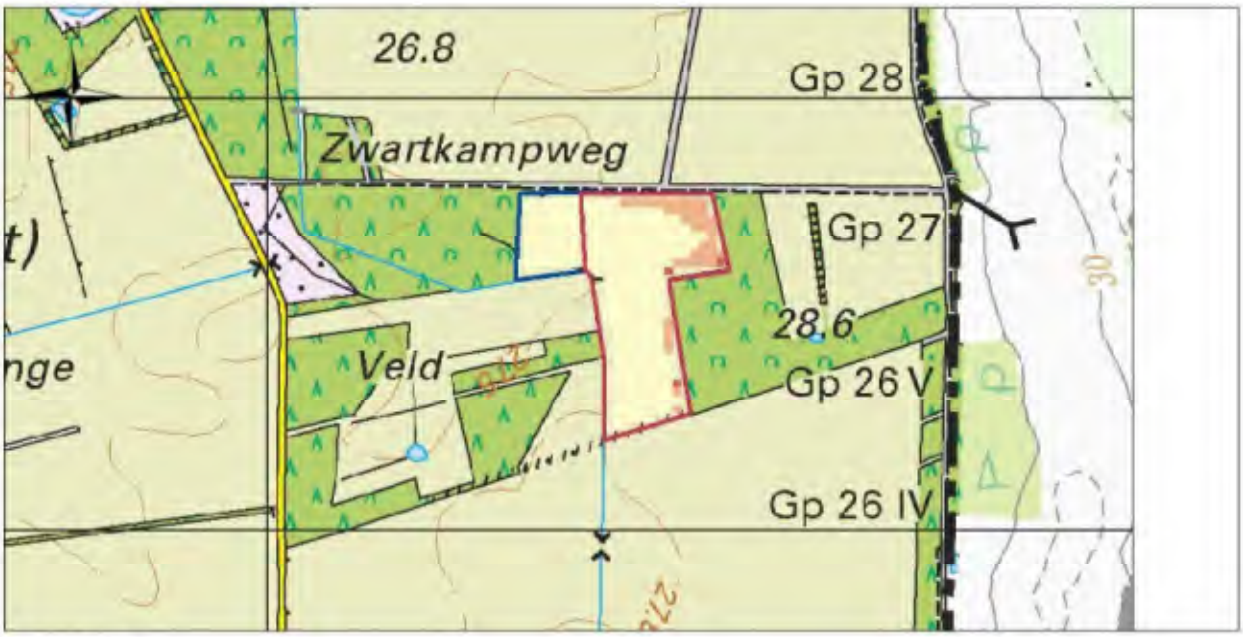
Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

staatsbosb. 6

Bontheid



Legenda

Schaal: 1:5,000

Bodemscout

Gewasproductie

- Boven gemiddeld
- Gemiddeld
- Onder gemiddeld

Percelen

- Bemonsterd perceel
- Gewasperceel
- Perceelsvlak
- Bodemscoutvlak

Datum: 09-04-2021 Tijd: 16:49:50

BodemScout toont - gebaseerd op 9 jaar satellietbeelden - de structurele verschillen binnen een gewasperceel; waar deed het gewas het gemiddeld beter en waar slechter? Geeft de BodemScout aan dat uw perceel heel heterogeen is, dan kunt u eerst onderzoeken waardoor de verschillen veroorzaakt worden (zoals structuur, vochtbinding, (schadelijk) bodemleven, tekort aan nutriënten, pH-toestand) en vervolgens uw management aanpassen aan deze informatie.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Organische stof

Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 2,7

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Netto toename van effectieve organische stof.

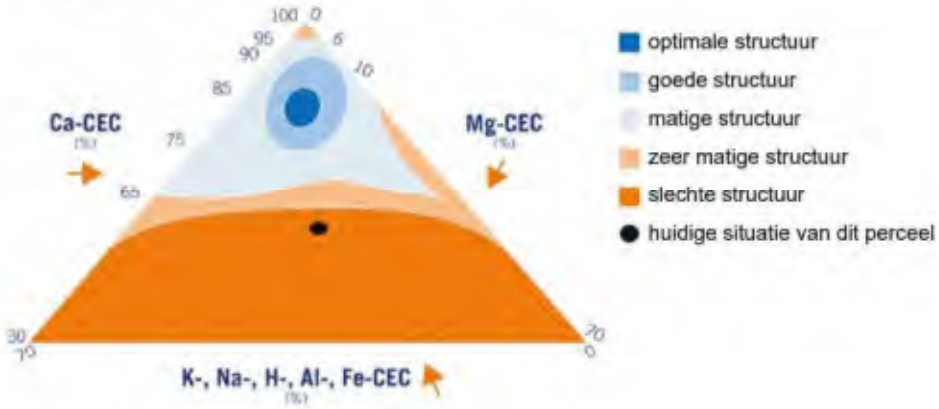
Figuur: Kwaliteit van de organische stof

Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek



staatsbosb. 6

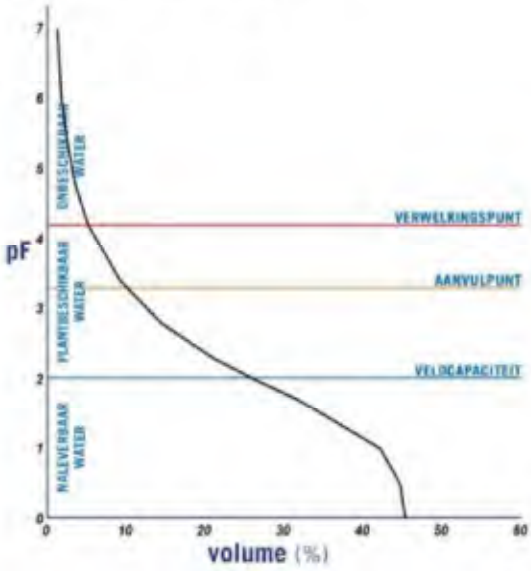
Fysisch

Figuur: Textuurdriehoek

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 21 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 10,1 % vocht zit en geef dan 16 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, 5.1.2e
Contactpersoon monstername:	5.1.2e 5.1.2e
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Groot perceel, 3-5 ha

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Methode		Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse resultaten	N-totale bodemvoorraad	2050	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	S-plantbeschikbaar	4,5	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
	S-totale bodemvoorraad	365	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	P-plantbeschikbaar	2,4	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	P-bodemvoorraad	40	mg P_2O_5/100 g	PAL1: Gw NEN 5793	Q
	K-plantbeschikbaar	25	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	K-bodemvoorraad	2,3	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-plantbeschikbaar	0,3	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-bodemvoorraad	34	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Mg-plantbeschikbaar	125	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Mg-bodemvoorraad	12,4	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Na-plantbeschikbaar	< 6	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Na-bodemvoorraad	0,6	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Zuurgraad (pH)	4,7		Em: NIRS (TSC®)	
	C-organisch	2,8	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	Organische stof	5,2	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	C-anorganisch	0,04	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Koolzure kalk	0,3	%		
	Klei (<2 µm)	2	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Silt (2-50 µm)	11	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Zand (>50 µm)	82	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei-humus (CEC)	52	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële biomassa	612	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële activiteit	81	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Schimmel biomassa	166	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Bacteriële biomassa	242	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform
P-bodemvoorraad Deze analyse is in duplo uitgevoerd.

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
Het monster is geanalyseerd in het Eurofins Agro laboratorium in Wageningen, tenzij anders is vermeld.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 08-04-2021

ONDERZOEKCENTRUM B ware

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

BODEMCHEMISCH ONDERZOEK NAAR DE NATUURPOTENTIES IN DE HANDIJKSMEDEN

- Eindrapportage -

Opdrachtgever: Staatsbosbeheer • Auteur: 5.1.2e • Projectnummer: PR-21.128 •
Rapportnummer: RP-21.128.21.86 • Datum: 16 november 2021

BODEMCHEMISCH ONDERZOEK NAAR DE NATUURPOTENTIES IN DE HANDIJKSMEDEN

Eindrapportage

5.1.2e

ONDERZOEKCENTRUM B ware

Titel rapport:
Bodemchemisch onderzoek naar de natuurpotenties in de Handijksmeden, eindrapportage

Auteur:
5.1.2e

Rapportnummer: RP-21.018.21.44

Opdrachtgever:
Staatsbosbeheer Overijssel, Deventer

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:
5.1.2e
Tel: 5.1.2e of 5.1.2e
5.1.2e @b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2021

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding 1

1.1 Aanleiding 1

1.2 Aanpak bodemchemisch onderzoek 1

1.3 Leeswijzer 2

2. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond 3

2.1 Nutriëntenlimitatie 3

2.2 Fosfaatbeschikbaarheid 3

2.3 Verschralingsmaatregelen 4

2.4 Aanvullende (beheer)maatregelen 6

3. Materiaal en methoden 7

3.1 Veldwerkzaamheden 7

3.2 Chemische analyse 9

4. Resultaten bodemchemisch onderzoek 11

4.1 Bodemopbouw en -chemie 11

4.2 Grondwaterstanden en -kwaliteit 15

4.3 Kansen voor de natuurontwikkeling 17

4.4 Aanvullende maatregelen 23

5. Conclusies en aanbevelingen 27

5.1 Belangrijkste conclusies 27

5.2 Aanbevelingen 27

6. Literatuur 29

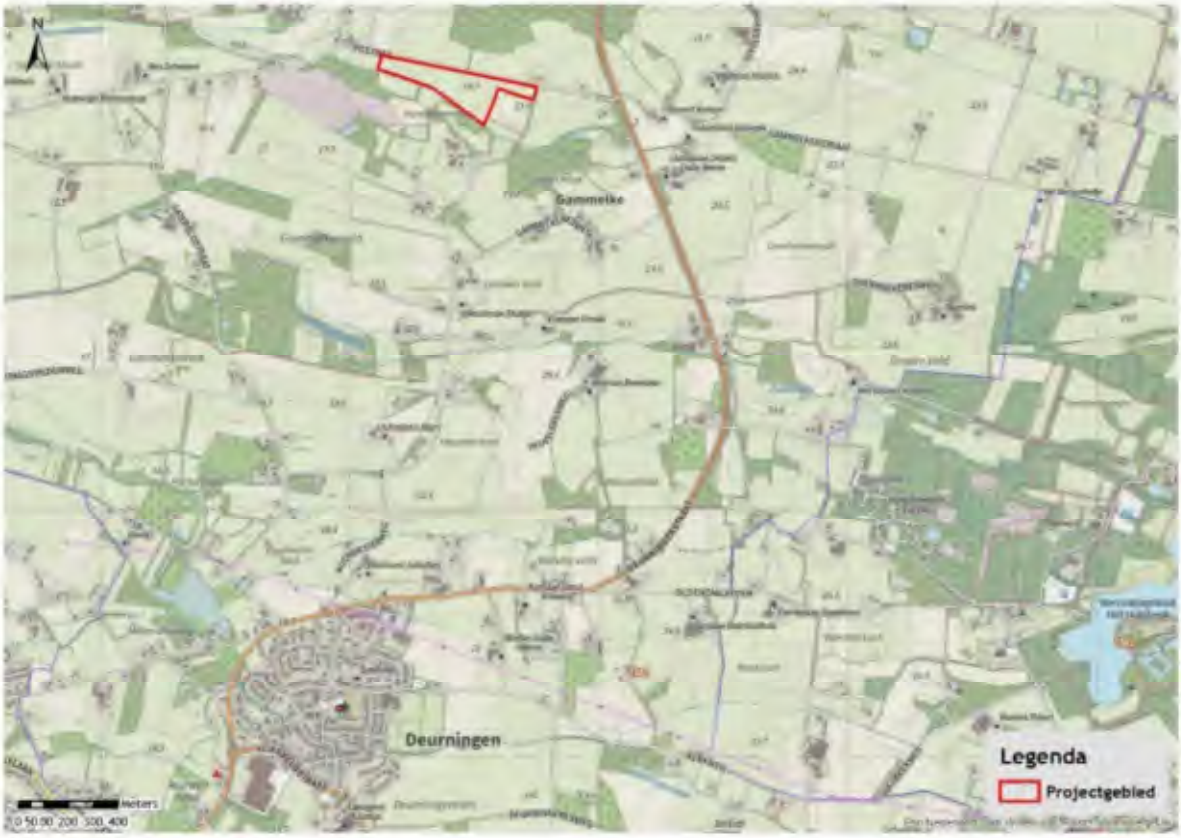
7. Bijlagen 31

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

Staatsbosbeheer wil de potentie voor natuurontwikkeling van een voormalig landbouwperceel in de Handijksmeden, geleden ten noorden van Deurningen (Figuur 1), in beeld brengen. Ten zuiden van het perceel loopt de Saasvelderbeek en deze zal in het najaar van 2021 worden verondiept tot ca. 30 cm onder maaiveld (de Graaf, 2021). Aansluitend aan deze verondieping van de beek zal het aangrenzende perceel worden heringericht. Het perceel (5,8 ha) is als grasland in gebruik geweest en is sinds ca. 10 jaar in verschralingsbeheer.

Aan de hand van een bodemchemisch onderzoek zijn de potenties voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde natuurtypen, zoals vochtig hooiland of vochtige heide, in beeld gebracht en welke inrichtingsmaatregelen daarvoor nodig zijn.



Figuur 1. Overzicht van de ligging van het onderzoeksgebied in de Handijksmeden (rood omlijnd), ten noorden van Deurningen.

1.2 Aanpak bodemchemisch onderzoek

Op 5 locaties is de bodemopbouw beschreven en zijn op verschillende diepten bodemmonsters verzameld en chemisch geanalyseerd. Op basis van de bodemchemische onderzoeksresultaten is in deze rapportage aangegeven op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor schrale natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschralingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. Het onderzoek geeft antwoord op de volgende onderzoeksvragen:

1. Hoe is de bodemopbouw in het gebied?
2. Hoe hoog zijn de P-concentraties in de toplaag van de bodem en wat is de verschralingsduur voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur?
3. Tot op welke diepte is de bodem verrijkt met fosfor en wat is de geadviseerde ontgrondingsdiepte voor de ontwikkeling van natuur?
4. Zijn er mogelijkheden om P-gelimiteerde soortenrijke natuur te ontwikkelen door middel van een beperkte ontgronding, eventueel in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer?
5. Welke natuurpotenties zijn er op basis van de bodemchemie (vnl. op basis van bodemtype, buffering en fosfaatbeschikbaarheid)?
6. Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen worden geadviseerd?

Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de verschralingsmogelijkheden en natuurpotenties op basis van de bodemchemische omstandigheden en het bodemtype. Daarnaast zijn ook de grondwaterkwaliteit en (variatie in) grondwaterstanden van invloed op de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Deze (geo)hydrologische aspecten maken echter geen (of in onvoldoende mate) onderdeel uit van dit onderzoek. De resultaten uit dit onderzoek kunnen sterk bepalend zijn voor de keuzes die bij de gebiedsinrichting gemaakt worden. De keuze van de uiteindelijke inrichtingsmaatregelen is echter niet alleen afhankelijk van de kansrijkdom qua bodemchemie. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. Een ontgronding kan bijvoorbeeld een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

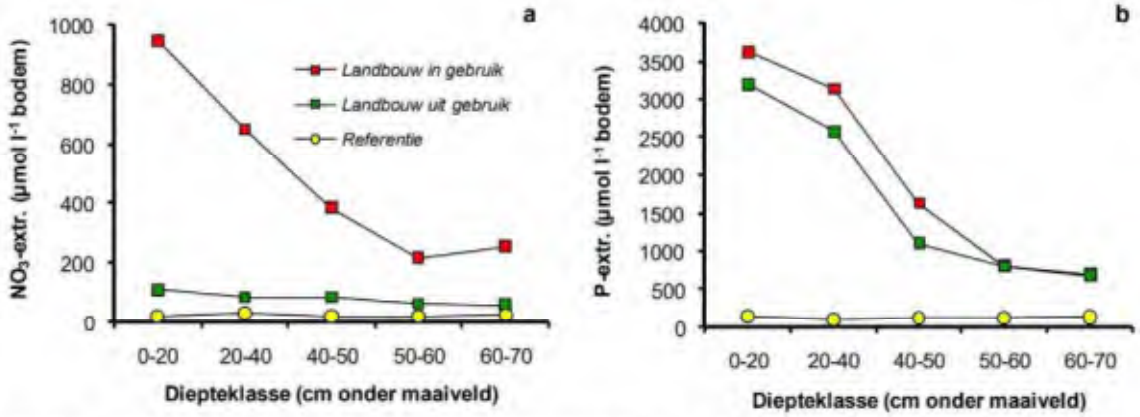
1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden en in hoofdstuk 3 worden de toepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het bodemchemisch onderzoek gepresenteerd, de kansen voor de natuurontwikkeling en welke (inrichtings)maatregelen daarvoor nodig zijn. In hoofdstuk 5 staan de belangrijkste conclusies en aanbevelingen beschreven. In hoofdstuk 6 staat een overzicht van de gebruikte literatuur, gevolgd door de bijlagen in hoofdstuk 7.

2. NATUURONTWIKKELING OP VOORMALIGE LANDBOUWGROND

2.1 Nutriëntenlimitatie

De kansen op een goede natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden wordt sterk bepaald door de beschikbaarheid van fosfor (P) (Lamers e.a., 2005). Stikstoflimitatie is moeilijk te bereiken vanwege de nog steeds hoge stikstofdepositie en ook omdat onder relatief stikstofarme omstandigheden stikstofbindende soorten zich sterk uitbreiden. Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Figuur 2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006).

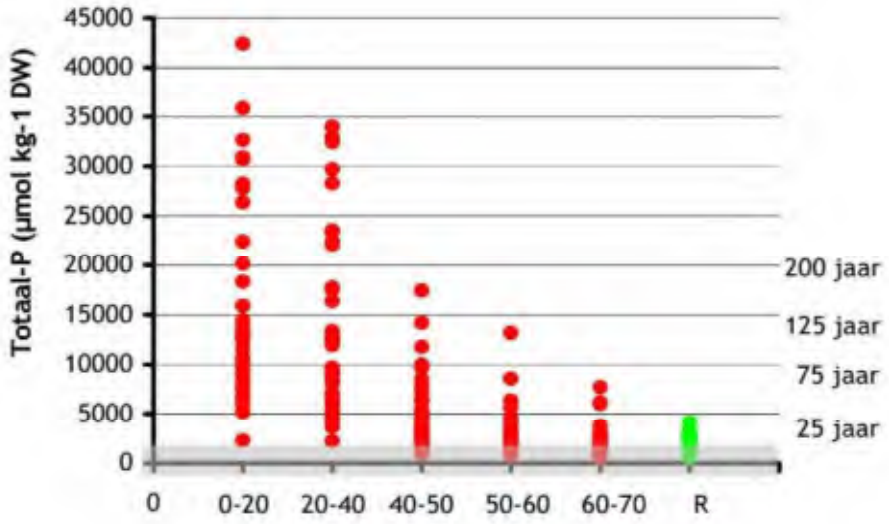


Figuur 2. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de bodem niet meer in landbouwkundig gebruik is doordat het uitspoelt naar het grondwater of wordt gedenitrificeerd. Het sterk in de bodem gebonden (immobiele) fosfaat verdwijnt echter niet op een natuurlijke wijze uit de bodem. Bron: Lamers e.a. (2009).

2.2 Fosfaatbeschikbaarheid

In tegenstelling tot stikstof neemt de fosforbeschikbaarheid niet door uitspoeling sterk af. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde uitgangssituatie te krijgen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd) (Figuur 3; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag meestal onontkoombaar. Hierbij is het belangrijk om vast te stellen tot hoe diep ontgrond moet worden om een voldoende P-arme uitgangssituatie te creëren. Dit kan door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten (Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; van Mullekom e.a., 2013).

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders e.a., 2006). In de bodem zorgen geoxideerde ijzerverbindingen (ijzer(hydr)oxiden; roest) in belangrijke mate voor de vastlegging van fosfaat. Onder natte condities kan er geen zuurstof meer in de bodem doordringen waardoor geoxideerde ijzerverbindingen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen.



Figuur 3. Totaal-P concentraties in verschillende voormalige landbouwgronden (rood) en referentiegebieden (R, groen). Op de X-as wordt de diepte in cm weergegeven waarop de monsters zijn genomen. Het grijze gebied geeft de streefwaarde van 2500 µmol totaal-P per kilogram droge bodem. Rechts wordt het aantal jaren gegeven dat nodig is om de totaal-P waarden te laten dalen tot deze referentiewaarde door middel van maaien en afvoeren, aannemende dat er 10 kg P per hectare per jaar kan worden afgevoerd. Bron: Smolders e.a. (2006).

2.3 Verschralingsmaatregelen

Verschraling (limitatie van voedingsstoffen) op voormalige landbouwgronden kan op verschillende manieren bereikt worden. De verschillende gangbare methoden worden in de volgende alinea's beknopt toegelicht en kunnen met elkaar gecombineerd worden:

Extensieve begrazing

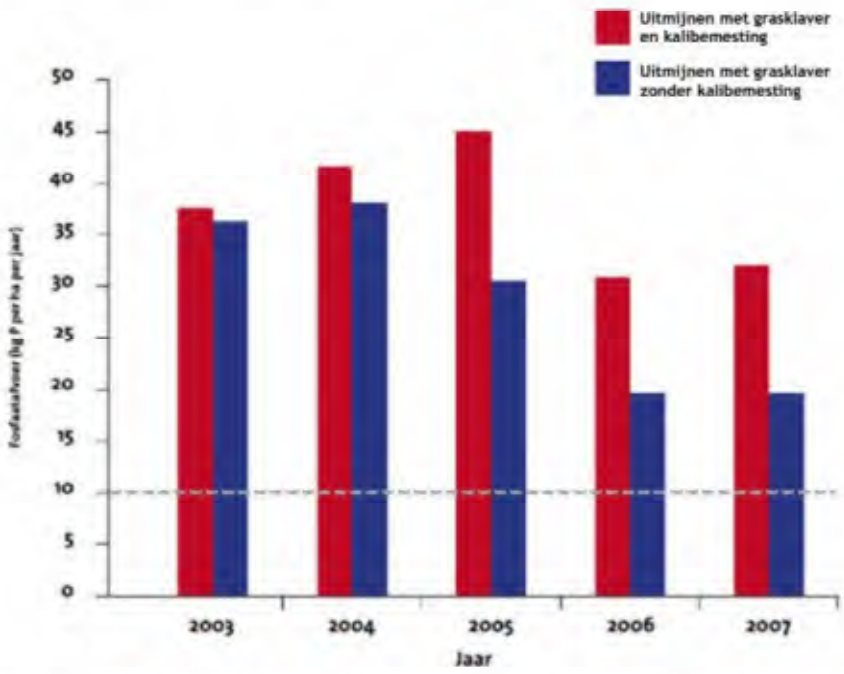
Bij extensieve begrazing worden nutriënten opgenomen door grazers. Via mest en urine komen ze dan elders weer vrij. Probleem hiervan is echter dat dit vooral leidt tot herverdeling van nutriënten binnen het gebied en veel minder tot de afvoer van nutriënten. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*), niet of weinig gegeten, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009).

Intensief beheer met maaien en afvoeren

Intensief beheer in de vorm van maaien en afvoeren levert in veel gevallen voldoende resultaat op om de bestaande (gewenste) vegetaties in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal worden afgevoerd, waardoor ze uit het systeem worden onttrokken (Smolders e.a., 2006). Echter, bij landbouwgronden, die intensief zijn bemest, is deze vorm van beheer niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem snel te verlagen. Het kan vele jaren duren, bij sterk bemeste percelen vaak tot 200 jaar, voordat zoveel nutriënten zijn verwijderd dat er sprake is van een voedselarme bodem (Figuur 3, Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005).

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschraling door middel van een gewas waarvan de productie op peil wordt gehouden door middel van aanvullende bemesting opdat de afvoeren van het doelnutriënt (fosfor) maximaal is. Door middel van het zaaien van grasklaver in combinatie met kalibemesting en een maaibeheer kan fosfaat versneld (40 kg P/ha/jaar: 4x sneller als met maaien en afvoeren) aan de bodem worden onttrokken (Figuur 4; Timmermans & van Eekeren, 2012). Klaver houdt met haar stikstofbinding de productie gaande en kalibemesting wordt gebruikt om klaver optimaal te laten groeien. Ook met deze beheersmaatregel duurt het op voormalige landbouwgronden vaak tientallen jaren voordat het gewenste verschralingsniveau is bereikt (van Mullekom e.a., 2013). Het uitmijnen kan versneld worden door het verwijderen van de extreem voedselrijke toplaag.



Figuur 4. Fosfaatafvoer (in kg fosfor per ha per jaar) door uitmijnen met grasklaver (klaver voor het vastleggen van stikstof) en kalibemesting en met grasklaver zonder kalibemesting (start eind 2002). De fosfaatafvoer werd bereikt door het maken van vier tot vijf maaisneden per jaar. Na enkele jaren daalt de afvoer van fosfaat in het deel zonder aanvullende kalibemesting. Stikstof- en kalibronnen zijn nodig voor een hoge fosfaatafvoer. Op de lange termijn is de gemiddelde afvoer bij uitmijnen ongeveer 40 kg fosfor per ha per jaar. Dit komt overeen met circa 90 kg fosforpentoxide (P_2O_5) per ha per jaar. Met jaarlijks eenmalig maaien en afvoeren kan een fosfaatafvoer van ca. 10 kg P per ha per jaar worden bereikt (grijze stippellijn). Bron: Timmermans & van Eekeren (2012; 2016).

Ontgronden

Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (Smolders e.a., 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het fosfaatfront bepaald worden. Dit komt namelijk niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (Smolders e.a., 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem terecht komen. Door middel van ontgronding kan een snelle verschraling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom e.a., 2007; 2013). Ook kan met een ontgronding de geomorfologie van een gebied worden hersteld. In

het verleden werden natuurlijke hoogtes namelijk vaak afgeschoven in de laagtes om een uniform agrarisch perceel te verwezenlijken. Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven vaak sterk verstoord (zie o.a. Tsiafouli e.a., 2015; Bobbink e.a., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig (zie paragraaf 2.4), zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgronding van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

2.4 Aanvullende (beheer)maatregelen

Na het verwijderen van de P-verrijkte toplaag is het vaak nodig om nog een aantal jaren aanvullend verschralingbeheer te plegen door middel van maaien en afvoeren. Begrazen houdt het terrein wel open maar leidt nauwelijks of niet tot een verdere verschraling van het terrein. Nadat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd is er vaak nog geen sprake van de gewenste vegetatieontwikkeling. Met name de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over. Door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat nitraat werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (van Mullekom e.a., 2009; 2013). Wanneer plagsel wordt gebruikt voor herintroductie worden tevens mycorrhiza's (schimmels die planten helpen bij de opname van voedingsstoffen op voedselarme gronden) van de doelsoorten en andere essentiële bodem micro-organismen in het gebied geïntroduceerd (Bobbink e.a., 2016). Zonder introductie van doelsoorten is de kans op vestiging van deze soorten te verwaarlozen indien er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska e.a., 2007).

Uiteraard is het voor het realiseren van een gewenst natuurdoeltype niet alleen van belang dat de bodemchemie geschikt is maar tevens dat de hydrologie van het systeem op orde is. Met name in grondwaterafhankelijke systemen (bijv. nat schraalland en dotterbloemhooiland) zullen veelal aanvullende hydrologische maatregelen nodig zijn. Deze maatregelen moeten vaak in de omgeving genomen worden omdat grondwaterafhankelijke systemen vaak gevoed worden door grondwater dat inzijgt op aanzienlijke afstand. Een bijkomend voordeel van verschralen via ontgronden is dat door verlaging van het maaiveld de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld stijgen, waardoor waarschijnlijk minder ingrijpende hydrologische maatregelen in de omgeving noodzakelijk zijn.

3. MATERIAAL EN METHODEN

3.1 Veldwerkzaamheden

Op 10 augustus 2021 werden voor het bodemchemisch onderzoek op 5 locaties ondiepe boringen (tot 150 cm onder maaiveld) gezet. De locaties werden geselecteerd op basis van o.a. variatie in huidige/actuele perceelgrenzen, hoogteligging en bodemtype. Voor de exacte ligging van de boorlocaties zie Figuur 5. De boringen werden verricht met een Edelmanboor en de exacte locaties werden ingemeten met een GPS (zie Tabel 1). Het bodemprofiel werd beschreven volgens NEN 5104 (zie Bijlage 1 voor de profielbeschrijvingen). Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en indien waarneembaar in het profiel ook de GHG en GLG (Tabel 1).

Tabel 1. XY-coördinaten, hoogte Z (in m +NAP), landgebruik (GS = grasland), actuele grondwaterstand (GWS; 10 augustus 2021), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) van de onderzoekslocaties. Grondwaterstanden zijn gegeven in cm onder maaiveld. Voor ligging van de locaties zie Figuur 5.

Locatie	X	Y	Z	Landgebruik	GWS	GLG	GHG
1	254174	482783	17,73	GS	100	120	45
2	254376	482707	17,95	GS	70	90	30
3	254508	482719	18,54	GS	80	120	40
4	254518	482598	18,54	GS	85	100	40
5	254689	482683	20,04	GS	180	190	120

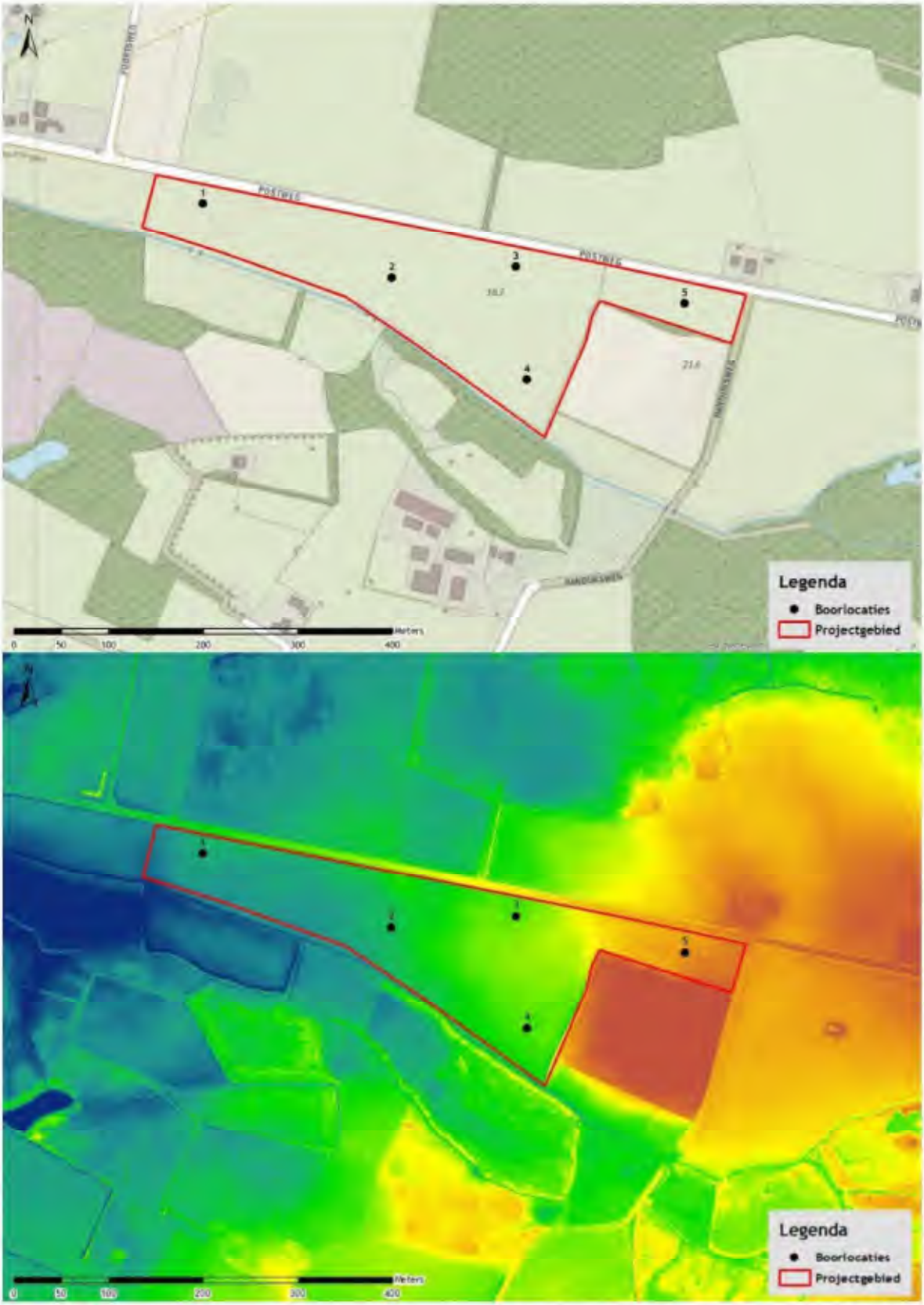
Op iedere locatie werden bodemmonsters verzameld. De gehanteerde bemonsteringsstrategie werd afgestemd op de dikte van de aangetroffen bouwvoor, waarbij op de volgende 4 diepten bodemmonsters werden verzameld:

- Toplaag bouwvoor (0-20 cm-mv);
- Restant bouwvoor;
- 0-10 cm onder de bouwvoor;
- 10-20 cm onder de bouwvoor.

De bodemmonsters werden in afgesloten potten vervoerd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking.

Op locatie 2 en 5 (Figuur 5) werd met behulp van een tijdelijke peilbuis freatisch grondwater (filter 50-150 cm-mv) verzameld voor analyse.

In totaal werden 22 bodemmonsters en 2 grondwatermonsters verzameld en geanalyseerd.



Figuur 5. Topografische kaart (boven) en hoogtekaart (onder) met de ligging van de boorlocaties (1 t/m 5) in de Handijksmeden. De nummering van de locaties komt overeen met de XY-coördinaten in Tabel 1.

3.2 Chemische analyse

Per bodemmonster werden vervolgens de volgende variabelen bepaald:

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid;
- Olsen-P (plantenbeschikbare P fractie);
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);
- Op een selectie van bodemmonsters (toplaag bouwvoor en 1 of 2 bodemlagen direct onder de bouwvoor): pH-zout en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. ammonium, nitraat en calcium.

Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid

Het vochtpercentage van het verse bodemmateriaal werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 48 uur bij 60 °C. Omdat de bakjes precies tot aan de rand werden afgevuld (volume = 40,5 ml) konden later ook de concentraties worden omgerekend naar mol per liter bodemvolume. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550 °C. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Plantenbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen e.a.,1954) bepaald. Het principe van deze extractiemethode is dat natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) zorgt voor een daling van de concentratie opgeloste calciumionen via de vorming van onoplosbaar calciumcarbonaat ($CaCO_3$). Hierdoor stijgt de concentratie opgelost fosfaat. Natriumbicarbonaat brengt ook de labiele, voor planten snel beschikbare, proportie van de organische fractie in oplossing. Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4°C bewaard tot verdere analyse. De Olsen-P concentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmateriaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2, 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milli Q water. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4 °C bewaard voor verdere analyse. Concentraties van elementen werden berekend in µmol per liter bodem.

Zoutextractie (NaCl-extractie)

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden ionen verdrongen door natrium en chloride. Met deze extractie kan onder andere de pH, ammonium- en nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden. Daarnaast kan op basis van de aluminium/calcium-ratio een goede inschatting gemaakt worden van de buffercapaciteit van de bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol l^{-1} natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 120 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het supernantant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. De elementenconcentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Analyse grondwater

De pH werd gemeten met een standaard $Ag/AgCl_2$ elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (CO_2 en HCO_3) werd bepaald met behulp van infrarood gasanalyse (ABB Advance Optima IRGA). De EGV werd bepaald met een HACH EGV-probe verbonden met een HQD-meter. De monsters voor de auto-analysers werden bewaard bij een temperatuur van -20 °C tot aan de analyse. De monsters voor de ICP werden aangezuurd voor analyse en bewaard bij 4 °C.

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), kalium (K), natrium (Na), chloride (Cl), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) in het grondwater en bodemextracten werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP; ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur.

4. RESULTATEN BODEMCHEMISCH ONDERZOEK

4.1 Bodemopbouw en -chemie

Bodemopbouw

Op 5 locaties in het onderzoeksgebied werd de bodemopbouw in beeld gebracht. Volgens de bodemkaart (1:50.000) bestaat de bodem in het onderzoeksgebied uit veldpodzolgronden met lemig fijn zand (Figuur 6).

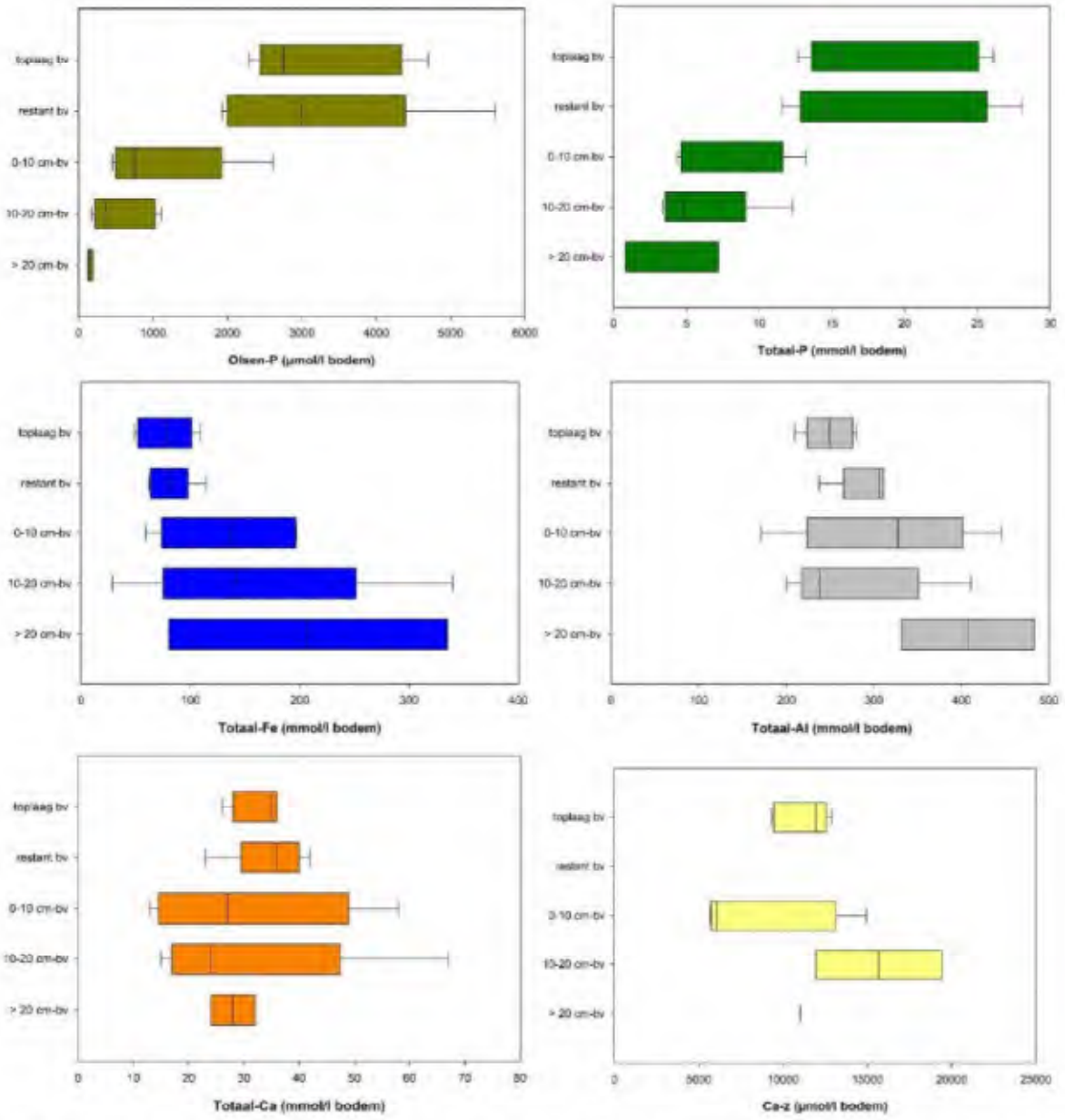
Figuur 6. Bodemkaart van het onderzoeksgebied (schaal 1:50.000). Bron: ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

De onderzochte percelen zijn in gebruik als grasland (Tabel 1) en de dikte van de aangetroffen bouwvoor varieert van 25 tot 30 cm (Bijlage 1). De bouwvoor bestaat uit sterk siltig zand (Bijlage 1). Op locatie 2, 3 en 4 werd in het bodemprofiel een matig tot sterk zandig leempakket van 15 tot 30 cm dikte aangetroffen (Bijlage 1).

Bodemchemische samenstelling

Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid in de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P concentratie een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem waarvan een deel op termijn weer beschikbaar kan komen voor planten. Vanwege het feit dat

planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties in deze rapportage uitgedrukt per liter verse bodem. In Tabel 2 worden de resultaten van de bodemchemische analyses weergegeven en in Figuur 7 boxplots van een aantal belangrijke bodemchemische variabelen op verschillende diepten.



Figuur 7. Boxplots van de Olsen-P, totaal-P, totaal-Fe, totaal-Al, totaal-Ca en uitwisselbaar calcium (Ca-z) van de geanalyseerde bodems. In de boxplot is onderscheid gemaakt tussen de verschillende bemonsteringsdiepten: toplaag van de bouwvoor (0-15/20 cm; n=5), restant bouwvoor (n=5; ontbreekt voor Ca-z), 0-10 cm onder de bouwvoor (n=5), 10-20 cm onder de bouwvoor (n=5; Ca-z: n=2) en > 20 cm onder de bouwvoor (n=2; Ca-z: n=1). De box geeft het bereik tussen het 25e en 75e percentiel weer. De whiskers (verticale lijnen) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De stippen geven de uitschieters weer.

De toplaag van de bouwvoor (0-15/20 cm-mv) is sterk verrijkt met plantbeschikbaar fosfaat (2295-4703 µmol Olsen-P/l bodem; Figuur 7). De totale voorraad fosfor in de toplaag van de bouwvoor varieert sterk (12,7-26,1 mmol totaal-P/l bodem; Figuur 7 en Tabel 2). De P-concentratie in het restant van de bouwvoor is vergelijkbaar met de concentratie in de toplaag van de bouwvoor (Figuur 7). Onder de bouwvoor zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties duidelijk lager (Figuur 7) en ontstaan er mogelijkheden, eventueel in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer, voor de ontwikkeling van schrale natuurtypen.

Tabel 2. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) van bodemlocaties. HZT = horizont; OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie, Pbs = fosfaatbeschikbaarheid (Olsen-P/P-t), -z = zoutuitwisselbare (labiele) concentraties, BV = indicatieve basenverzadiging, M3/M5/M8 = berekende verschralingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren (tot een streefconcentratie van 300/500/800 µmol Olsen-P /l) (totaal-P > 3 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. De concentratie Ca-z is voor de bodemlagen waarvan geen zoutextractie beschikbaar is, berekend op basis van de correlatie in Figuur 8 (waarde grijs gegeven). De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO_3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<150	<10	<4000	<20				voldoende P-arm
6-10	151-250	10-20	4001-8000	21-50	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	51-100	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	151-300				matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>300	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

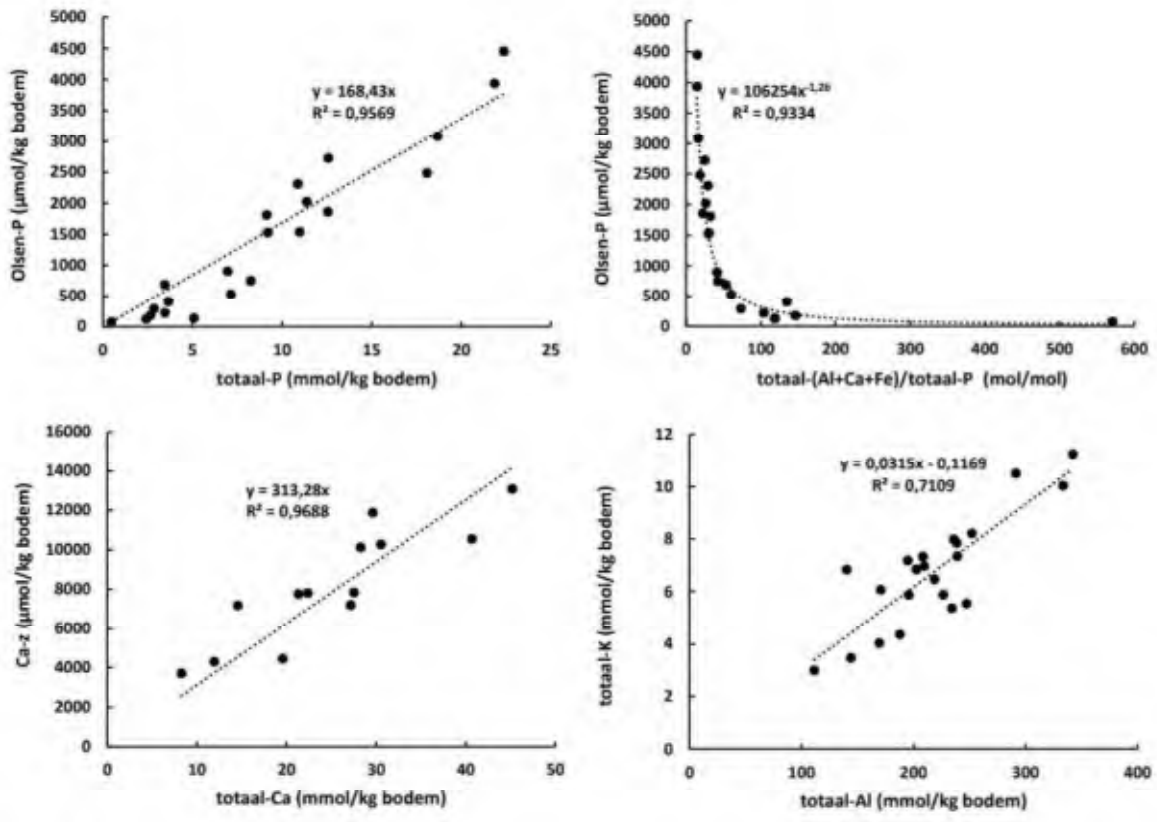
Loc.	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	S/MgCa	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO_3-z	NH_4-z	M3	M5	M8
1	0 - 15	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	5	23	1,3	3974	24,1	0,16	271	35	78	5	9	19	11	0,21	25	9291	0,00	698	3237	5,8	76	6	262	2498			
	15 - 25	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	4	19	1,3	3180	23,2	0,14	306	36	80	5	10	19	9	0,17											63	61	54
	25 - 35	zand, matig siltig, zwak humeus	BC	2	12	1,4	1229	9,5	0,13	276	27	68	12	9	22	5	0,10	14	6061	0,00	448	2445	6,0	100	2	89	17	20	18	16
	35 - 45	zand, matig siltig, zwak humeus	BC	3	10	1,4	174	3,4	0,05	238	19	142	48	8	26	2	0,05													
	45 - 55	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	C	1	23	1,4	193	7,2	0,03	483	32	135	51	16	95	3	0,02	26	11015	0,00	2324	4711	5,8	100		153	27			
2	0 - 20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	3	21	1,2	2295	15,5	0,15	209	26	109	9	5	12	11	0,28	94	9578	0,01	192	3305	5,4	98	3	254	111	78	70	63
	20 - 30	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	4	21	1,3	1926	11,6	0,17	237	23	81	9	5	13	9	0,26											27	27	21
	30 - 45	zand, sterk siltig, zwak humeus	BC	1	13	1,5	453	4,4	0,10	171	13	137	34	5	12	3	0,11	22	5695	0,00	530	2904	5,6	99	1	89	30	8	7	6
	45 - 55	zand, matig siltig	C	1	15	1,7	372	5,8	0,06	234	24	340	63	11	28	3	0,06	7	11956	0,00	914	4899	5,5	100	2	53	33	3	3	3
3	0 - 15	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	8	32	1,0	2747	12,7	0,22	218	30	49	6	8	22	11	0,21	50	11964	0,00	150	5313	5,5	99	6	8	203	45	45	40
	15 - 25	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	5	20	1,3	2995	14,1	0,21	160	46	62	7	10	25	11	0,17											35	35	32
	25 - 35	zand, sterk siltig, matig humeus, omgewerkt	AB	4	16	1,4	2616	13,2	0,20	327	40	59	7	8	25	9	0,13	26	11311	0,00	244	4884	5,8	99	3	139	63	32	32	29
	35 - 45	zand, sterk siltig, matig humeus, omgewerkt	AB	3	16	1,4	952	4,8	0,20	200	28	29	12	5	12	6	0,15											8	8	7
	85 - 95	zand, zwak siltig	C	1	14	1,6	123	0,8	0,16	332	24	380	137	12	22	3	0,07											37	36	
4	0 - 15	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	5	21	1,3	2577	14,5	0,18	249	36	80	9	7	20	10	0,17	46	12896	0,00	253	4485	5,5	99	5	286	171	54	54	47
	15 - 25	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	4	17	1,3	2067	14,8	0,14	294	42	114	11	9	23	9	0,14											37	35	28
	25 - 35	zand, sterk siltig, zwak humeus, omgewerkt	AB	3	18	1,4	749	10,1	0,07	317	38	496	25	12	48	7	0,07	32	14938	0,00	305	5998	5,8	100	2	364	94	99	11	
	35 - 45	zand, sterk siltig, zwak humeus, omgewerkt	AB	3	18	1,5	1114	12,3	0,09	290	67	163	19	11	47	8	0,07	11	19429	0,00	297	7766	6,3	100	1	660	94	28	21	11
5	0 - 15	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	7	19	1,2	4703	26,1	0,18	280	36	99	4	6	13	10	0,21	69	12265	0,01	328	1703	5,5	98	6	201	175			
	15 - 25	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	6	19	1,3	3603	28,1	0,20	311	38	65	4	7	14	11	0,20											79	79	73
	25 - 35	zand, matig siltig	C	2	14	1,3	546	4,9	0,11	446	16	197	44	13	38	3	0,06	71	5750	0,01	314	945	5,3	98	2	87	30	6	3	
	35 - 45	zand, matig siltig	C	2	13	1,4	258	3,7	0,07	451	15	121	36	15	43	3	0,05													

Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur is het niet alleen van belang dat de fosfaatconcentraties laag genoeg zijn, maar ook de concentratie stikstof mag niet te hoog zijn. De concentraties nitraat en ammonium zijn bepaald in de zoutextracten (Tabel 2). Behalve op locatie 3, zijn de nitraatconcentraties in de bouwvoor relatief hoog (> 200 µmol/l bodem). Op locatie 4 zijn ook onder de bouwvoor hoge nitraatconcentraties gemeten. Op locatie 1 is in het zoutextract extreem veel ammonium gemeten (ca. 7500 µmol/l bodem; Tabel 2). Aangezien de nitraat- en

fosforconcentratie niet verhoogd is, is de herkomst van het ammonium niet duidelijk (geen invloed van mest of urine). Dieper in de bodem is de ammoniumconcentratie niet verhoogd (Tabel 2). Hoge stikstofconcentraties zijn vaak een minder groot probleem voor de beoogde natuurontwikkeling dan fosfaat. Nitraat is, in tegenstelling tot fosfaat, relatief mobiel en zal als gevolg van uitspoeling en nitrificatie- en denitrificatieprocessen op een natuurlijke manier uit het systeem verdwijnen (zie ook Figuur 2). De uitspoeling van nitraat naar het grondwater kan wel een negatief effect hebben op de grondwaterkwaliteit. Het kan leiden tot pyrietoxidatie en daarmee tot sulfaatverrijking van het grondwater. Daarnaast bevat nitraatrijk grondwater vaak weinig opgelost ijzer.

De bodem in het onderzoeksgebied is matig ijzerhoudend tot ijzerrijk (gemiddeld ca. 120 mmol/l bodem), waarbij op locatie 3 de ijzerconcentraties lager zijn dan op de andere locaties (Tabel 2). Dieper in de bodem zijn hogere ijzerconcentraties gemeten dan in de bouwvoor (Figuur 7). Hoge ijzerconcentraties duiden op (voormalige) invloed van ijzerrijke kwel of afzettingen van ijzerrijk slib. IJzer(hydr)oxides binden goed fosfor, waardoor dit in ijzerrijke bodems eenvoudig kan accumuleren. De bodem in het onderzoeksgebied is zwak tot sterk calciumhoudend met een gemiddelde concentratie totaal-Ca van 32 mmol/l bodem en uitwisselbaar-Ca (Ca-z) van ± 10.000 µmol/l bodem (Tabel 2 en Figuur 7).

De relatief hoge aluminiumconcentraties (gemiddeld 294 mmol/l; Tabel 2 en Figuur 7) indiceren dat het zand matig tot sterk siltig/lemig is.



Figuur 8. Correlaties tussen enkele relevante bodemchemische variabelen in de geanalyseerde bodems. De concentraties zijn uitgezet per kg droge bodem.

Bodemcorrelaties

In Figuur 8 (linksboven) zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van de geanalyseerde bodems tegen elkaar uitgezet. Er is een positieve correlatie aanwezig tussen de totale voorraad aan fosfor en beschikbaar P voor planten (Olsen-P). In bodems kan fosfor zeer effectief geïmmobiliseerd worden door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $Fe_3(PO_4)_2$ (onder anaerobe condities) en $FePO_4$ onder aerobe condities. Naast ijzer zorgt ook calcium voor fosfaatbinding in de bodem. Dit calcium gebonden-P is meestal slecht oplosbaar en komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook klei/leem deeltjes (de totaal-aluminium concentratie is indicatief voor het lutumpercentage) zijn een sterke P-binder. De calcium-, ijzer- en aluminiumconcentraties kunnen de beschikbaarheid van fosfaat dus beïnvloeden. In Figuur 8 (rechtsboven) is deze correlatie weergegeven. Op plaatsen waar de bodem rijk is aan ijzer, calcium en/of aluminium ten opzichte van totaal-P, blijft de P-beschikbaarheid voor planten doorgaans laag.

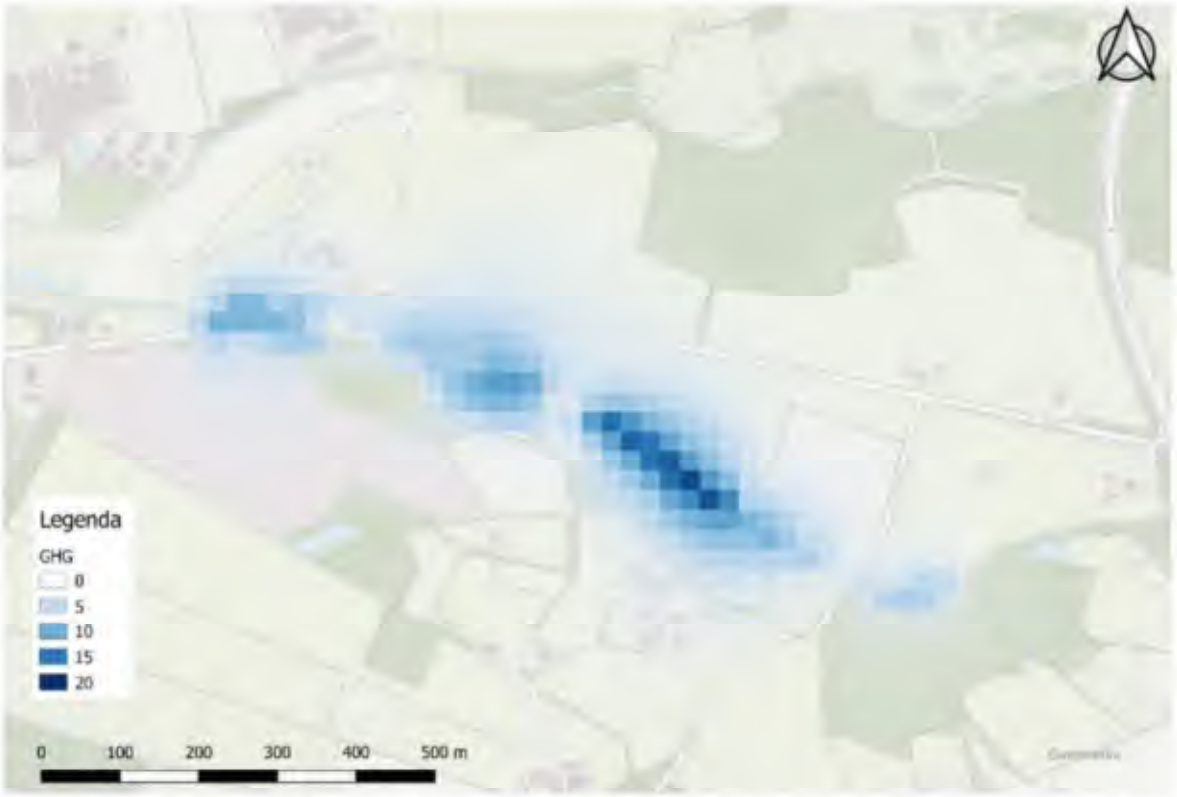
Behalve de nutriëntenbeschikbaarheid is de zuurgraad van de bodem in belangrijke mate sturend voor de vegetatieontwikkeling. De buffercapaciteit geeft de mate aan waarin een bodem in staat is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties. Bij bodem-pH waarden hoger dan pH 6,2 hebben we te maken met (bi)carbonaatbuffering (oplossen van kalk). Wanneer in de bodems geen carbonaat meer aanwezig is, komt de bodem in het kation-uitwisselings-buffertraject terecht. Dit buffertraject bevindt zich globaal tussen een pH-water van 4,5 en 6,5 en is in veel bodems het belangrijkste buffermechanisme. De pH gemeten in de zoutextracten ligt tussen 5,3 en 6,3 (Tabel 2). De pH-zout is vaak 0,5-1 pH-eenheid lager dan de pH-water, dus de pH-water van de bodem in het onderzoeksgebied zal minimaal tussen 5,8 en 6,8 en mogelijk nog iets hoger. De bodem wordt daarmee deels gebufferd via carbonaat en deels via de uitwisseling van basische kationen.

Een zoutextract geeft een beeld van de hoeveelheid uitwisselbare kationen, waarbij kleideeltjes (lutum) en organisch materiaal een belangrijk deel van het bodemadsorptiecomplex in de bodem vormen. Indien het bodemadsorptiecomplex volledig is opgeladen met basische kationen (Ca^{2+}, Mg^{2+} en K^+) is de basenverzadiging 100%. In het gebied is de indicatieve basenverzadiging gemiddeld 97% (Tabel 2), dus het bodemadsorptiecomplex is vrijwel geheel opgeladen met basische kationen. Op locatie 1 heeft de toplaag van de bouwvoor een lagere basenverzadiging (76%; Tabel 2) als gevolg van de hoge ammoniumconcentratie (ammonium is geen basisch kation).

De concentratie totaal-aluminium kan gebruikt worden als maat voor de kleiigheid van de bodems. In lutumdeeltjes komen aluminium en kalium namelijk in een vaste verhouding voor en de sterke correlatie tussen de concentratie aluminium en kalium indiceert de aanwezigheid van lutum in de bodem (Figuur 8).

4.2 Grondwaterstanden en -kwaliteit

De actuele grondwaterstand (10 augustus 2021) lag in het grootste deel van het perceel tussen 70 en 100 cm onder maaiveld, maar in het hoger gelegen deel (locatie 5 in Figuur 5) stond het grondwater op 180 cm onder maaiveld (Tabel 1). Het grondwaterpeil stond daarmee ca. 10 tot 40 cm hoger dan de uit het bodemprofiel afgeleide GLG (Tabel 1). In het najaar van 2021 zal de Saasvelderbeek worden verondiept tot 30 cm onder maaiveld (de Graaf, 2021). Uit berekeningen van Waterschap Vechtstromen blijkt dat deze verondieping vrijwel geen effect zal hebben op de GLG, maar binnen het perceel zal de GHG waarschijnlijk lokaal stijgen met ca. 10-20 cm (Figuur 9). De sterkste stijging van de GHG wordt verwacht in de zone ter hoogte van locatie 4 en in mindere mate ook bij locatie 1 en 2 (Figuur 5 en Figuur 9).



Figuur 9. Berekend verschil in de GHG tussen het ontwerp en de huidige situatie, waarden zijn in cm. Bron: Waterschap Vechtstromen (de Graaf, 2021).

Op locatie 2 en 5 locatie werd de kwaliteit van het freatische grondwater bepaald door een watermonster te verzamelen uit het boorgat (Tabel 3). Op locatie 2 is het grondwater goed gebufferd (1140 µmol HCO_3^-/l) en relatief arm aan nutriënten en sulfaat. Het grondwater heeft daarmee een goede kwaliteit voor de voeding van grondwaterafhankelijke natuurtypen. In de bodem zijn op locatie 2, 3 en 4 ondiepe leemlagen aangetroffen. De aanrijking van het freatisch grondwater kan daar mogelijk door verklaard worden. Op locatie 5 is het grondwater zwak gebufferd (160 µmol HCO_3^-/l; Tabel 3) en nitraatrijk (867 µmol/l; Tabel 3). Het nitraat kan afkomstig zijn van uitspoeling vanuit ondiepere bodemlagen, maar kan ook vanwege de lage grondwaterstanden het gevolg zijn van de oxidatie van ammonium in de bodem.

Tabel 3. Chemische samenstelling van het freatische grondwater op locatie 2 en 5. Filter = filterdiepte in cm-mv en EGV = elektrische geleidbaarheid in µS/cm, De overige concentraties zijn, uitgezonderd pH, gegeven in µmol/l. Voor ligging van de locaties zie Figuur 5.

Locatie	Filter	pH	EGV	CO_2	HCO_3	NO_3	NH_4	Na	K	Cl	Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
	cm-mv		µS/cm	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l
2	50-150	6,04	186	2488	1140	1,0	2,8	178	47	13	5,1	759	4,6	207	2,7	1,1	199	234	2,5
5	100-200	5,66	155	853	160	866,6	3,0	464	165	26	28,5	335	6,6	98	0,2	1,3	65	68	2,5

4.3 Kansen voor de natuurontwikkeling

Natuurbeheertypen

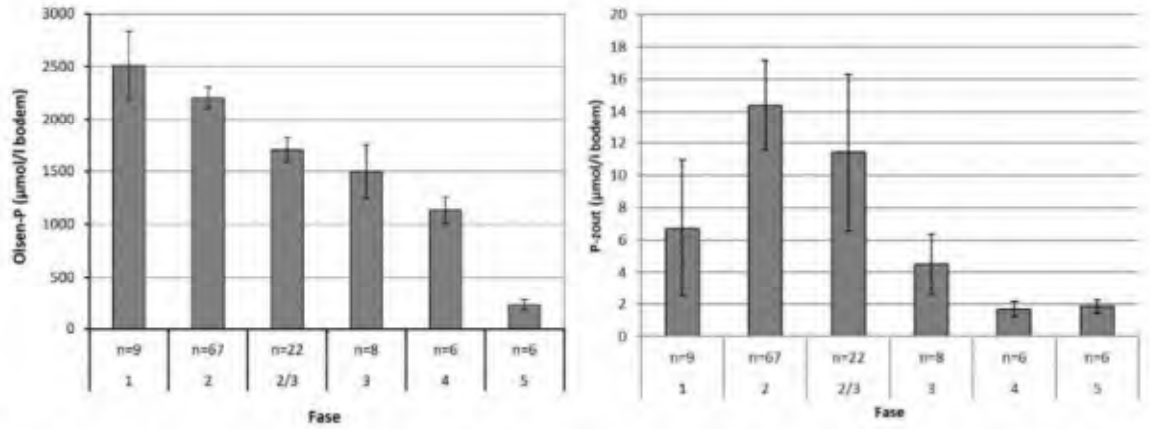
Doel van het huidige onderzoek is om de kansen voor natuurontwikkeling op een aantal (voormalige) agrarische percelen te bepalen. Op voormalige landbouwgronden worden de potenties voor natuurontwikkeling sterk bepaald door de voedselrijkdom van de bodem (met name fosfaat; zie Hoofdstuk 2), maar ook door de mate van buffering van de bodem en de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater. In Tabel 4 staan voor een groot aantal natte natuurbeheertypen de abiotische randvoorwaarden aangegeven. Voorwaarde bij de ontwikkeling van soortenrijke voedselarme systemen blijft de lage fosfaatbeschikbaarheid voor planten. De metingen van de Olsen-P (en totaal-P) concentraties zijn dan ook in belangrijke mate leidend in de natuurontwikkelingskansen.

Tabel 4. Gemiddelde hoogste (GHG) en laagste (GLG) grondwaterstand, pH-H_2O en fosfaatconcentraties in de bodem van enkele natte (grondwaterafhankelijke) natuurbeheertypen (optimumranges). Droge natuurbeheertypen, zoals droge heide en droog heischraal grasland, zijn niet afhankelijk van grondwaterinvloed. Bronnen: Ertsen e.a. (2005); Onderzoekcentrum B-WARE, niet gepubliceerde data; De Becker (2004). Onder zeer ijzerrijke omstandigheden kunnen bij een optimale ontwikkeling ook hogere fosforconcentraties voorkomen (aangegeven tussen haakjes).

Natuurbeheertype	Specificatie	GHG (cm)	GLG (cm)	pH-H2O	Olsen-P (umol/l FW)	totaal-P (mmol/l FW)
Hoogveen		10 + mv	5 -mv	3.5-5	100-300	0.5-2.5
Vochtige heide		10+ tot 20- mv	20- tot 50- mv	3.5-5	100-500	0.5-2.5
Schraalgrasland	Nat heischraal grasland	0 tot 40- mv	40- tot 120 - mv	4.5-6	150-400	1-3
	Kleine zeggenmoeras (Verbond van Zwarte zegge)	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	4.5-6.5	100-500	1-6
	Blauwgrasland	0 tot 25- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	200-500	2-10 (tot 20)
Vochtig hooiland	Dotterbloemhooiland / Veldrusschraalland	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
Moeras	Grote zeggenmoeras	20+ tot 0 mv	10+ tot 50- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
	Rietmoeras	20+ tot 0 mv	10+ tot 40- mv	>5	-	-
Hoog- en laagveenbos	Berkenbroekbos	10+ tot 0 mv	40- tot 80- mv	<5	200-600	1-5
	Elzenbroekbos	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	300-800 (tot 1200)	5-20 (tot 50)

Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen worden de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (de totaal-P concentratie kan sterk variëren afhankelijk van de ijzer- en calciumconcentraties en/of de kleiigheid van de bodem):

- Heide: 100-500 µmol/l bodem (totaal-P <2-3 mmol/l bodem);
- Schraalgrasland: (<)300-500 µmol/l bodem (optimaal <300 µmol/l bodem);
- Vochtig hooiland: 300-800/900 µmol/l bodem (optimaal <500 µmol/l bodem);
- Soortenrijk kruiden- en faunarijk grasland: 900-1200 µmol/l bodem (Figuur 10);
- Kruiden- en faunarijk grasland: >1200 µmol/l bodem (P-z < 2 µmol/l en nitraat <100-200 µmol/l; Figuur 10).



Figuur 10. Olsen-P (links) en P-z (rechts) concentratie in µmol/l bodem van graslandpercelen in Overijssel ingedeeld per graslandfase naar Schippers e.a. (2012). Verklaring graslandfasen (van voedselrijk naar schraal): fase 1 = raaigraslanden, fase 2 = witbolgraslanden, fase 3 = gras-kruidenmix, fase 4 = kruidenrijk grasland en fase 5 = heischraal grasland. Bron: Scherpenisse e.a. (2016).

Verschralingsduur

Uit het bodemchemisch onderzoek blijkt dat de bodem in het onderzoeksgebied als gevolg van het landbouwkundig gebruik verrijkt is met fosfaat. Om soortenrijke natuurtypen tot ontwikkeling te kunnen laten komen, is een verschralingsbeheer noodzakelijk om de fosfaatbeschikbaarheid te reduceren. Verschraling kan plaatsvinden door maaien en afvoeren, uitmijnen of het verwijderen van de fosfaatrijke toplaag. Om te kunnen bepalen of verschraling via maaien en afvoeren of uitmijnen binnen een redelijke termijn te realiseren is, kan op basis van de Olsen-P en totaal-P concentratie een indicatieve verschralingsduur berekend worden. Het is mogelijk dat de berekende verschralingsduur overschat wordt indien er extra fosfaatimmobilisatie plaatsvindt. Extra immobilisatie van fosfaat kan plaatsvinden in ijzerrijke bodems.

De verschralingsduur voor maaien en afvoeren is berekend op basis van het verschil tussen de actuele totaal-P concentratie en de totaal-P streefconcentratie, uitgaande van een P-afvoer van 10 kg hectare per jaar (Chardon, 2008). De streefconcentratie voor totaal-P is hierbij niet op een standaardwaarde vastgesteld, maar berekend aan de hand van de streefwaarde voor Olsen-P en de actuele beschikbare P-fractie (Olsen-P/totaal-P-ratio). Stel dat de actuele P-fractie 0,1 is (10% van het totaal-P is beschikbaar P), dan is bij een streefwaarde van 500 µmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ((0,5/10) x 100). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem de actuele P-fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ((0,5/5) x 100). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschralingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschralingsduur 10-20% lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschraling in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschralingsduur hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschralingsduur. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 3 mmol/l. Verschralen via uitmijnen verloopt ca. 4 keer zo snel dan verschralen via maaien en afvoeren (zie paragraaf 2.3)

Bodembuffering

Naast de P-beschikbaarheid en hydrologische omstandigheden bepaalt de mate van bodembuffering in sterke mate welke natuurbeheertypen tot ontwikkeling kunnen komen (Tabel 5). Om inzicht te krijgen in de bodembuffercapaciteit is van alle bodems de totale calciumconcentratie bepaald en van een deel van de bodems ook de concentratie zoutuitwisselbaar calcium.

Tabel 5. Overzicht van de verschillende bufferranges (11 categorieën) en fosfaatconcentraties (tussen haakjes de uitloop als een suboptimale concentratie) waarbij diverse natuurbeheertypen voorkomen (INDICATIEF). Voor dotterbloemhooilanden en elzenbroekbossen zijn hoge ijzerconcentraties vereist. Van blauwgrasland tot elzenbroekbos kunnen de totaal-P concentraties relatief hoog zijn als gevolg van ijzer- en/of calciumrijke omstandigheden. De fosfaatbeschikbaarheid voor planten (Olsen-P) is echter relatief beperkt. Het bekalkingsadvies is weergegeven in kg dolokal per hectare en dient ter voorkoming van verzuring en ter bevordering van de soortenrijkdom. Tevens wordt hiermee ammoniumophoping/-toxiciteit voorkomen (nitrificatie wordt geremd onder zure omstandigheden). Naast de mate van buffering zijn de hydrologische omstandigheden essentieel voor de ontwikkeling van de natuurbeheertypen (niet in deze tabel). Het herstellen van de grondwaterinvloed kan bijdragen aan het opladen van het kationuitwisselingscomplex en daarmee het herstel van de buffercapaciteit. Het betreft een indicatieve tabel op basis van expert judgement en referentiemetingen. Bron: van Mullekom & Smolders (2012).

						Codes natuurbeheertypen	N07.01 N06.04	N11.01 N06.04	N10.01	N10.01	N10.02	N14.02 N14.01 N10.02		
						Olsen-P (µmol/l)	< 500 (800)	< 300 (600)	< 500 (700)	< 500 (700)	< 600 (900)	< 800 (1000)		
						Totaal-P (mmol/l)	< 2,5 (6)	< 3 (7)	< 6 (10)	< 10 (20)	< 15 (35)	< 20 (50)		
Categorie	Ca-NaCl (µmol/l)		Totaal calcium (mmol/l)		Baseverzadiging		Droge heide Natte heide	Droog heischraal grasland Vochtig heischraal grasland	Kleine zeggen vegetatie	Blauwgrasland	Veldrusschraalland	Dotterbloemhooiland & Elzenbroekbossen	Bekalkingsadvies (kg/ha) voor tegengaan verzuring, ammoniumophoping en/of vergroten soortenrijkdom	Risico ammoniumtoxiciteit zonder bekalking
1	<500	en/of	<10	en/of	<30%								2500	+
2	500-1000	en/of	10-15	en/of	30-70%								2000	+
3	1000-2000	en	15-20	en	>70%								2000	+
4	>2000	en	15-20	en	>70%								2000	+/-
5	2000-4000	en	20-30	en	>70%								1000	+/-
6	>4000	en	20-30	en	>70%								0	-
7	8000-14000	en	30-60	en	>90%								0	-
8	>14000	en	30-60	en	>90%								0	-
9	>14000	en	60-100	en	>90%								0	-
10	20000-30000	en/of	>100	en	>90%								0	-
11	>30000	en/of	>100	en	>90%								0	-
							soortenarm		normaal		soortenrijk			

Kansen voor natuurontwikkeling per locatie

In deze paragraaf worden op basis van bodemtype en bodemchemie (Tabel 2) de kansen voor natuurontwikkeling per locatie besproken. De grondwaterkwaliteit en (variatie in) grondwaterstanden zijn natuurlijk ook van invloed op de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. In deze rapportage is uitgegaan van de uit het bodemprofiel afgeleide GLG en GHG (Tabel 1). Op locatie 1 t/m 4 is de GHG ingeschat op 30-45 cm-mv en de verwachting is dat door het

verondiepen van de Saasvelderbeek de GHG met maximaal 10-20 cm zal stijgen (Figuur 9). Hiermee komt de GHG lokaal binnen het bereik van grondwaterafhankelijke natuurtypen zoals blauwgrasland of dotterbloemhooiland (Tabel 4), zeker wanneer de P-rijke toplaag van de bodem wordt afgegraven. De verondieping van de beek heeft geen invloed op de GLG (90-120 cm-mv), waardoor de GLG mogelijk een knelpunt is voor de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuurtypen.

Het eventueel afgraven van de P-rijke bodem dient te worden getoetst op de inpassing in het hydrologische systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van dit onderzoek. De resultaten van dit bodemchemisch onderzoek vormen wel een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

In Tabel 2 staat de berekende verschralingsduur via maaien en afvoeren voor iedere locatie en diepte gegeven. Deze verschralingsduur is berekend voor een Olsen-P streefconcentratie van zowel 300, 500 als 800 µmol/l. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld.

Locatie 1 (GLG 120 cm-mv, GHG = 45 cm-mv)

De zandige bouwvoor (0-25 cm-mv) is matig ijzerhoudend (Fe-t: 78-82 mmol/l) en matig calciumhoudend (Ca-t: 35-36 mmol/l en Ca-z: ± 9.000 µmol/l). De bouwvoor is als gevolg van het agrarische gebruik te rijk aan fosfor (Olsen-P: 3180-3974 µmol/l en P-t: 23,2-24,1 mmol/l) voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde natuurtypen. Om de bouwvoor (bodempakket van 25 cm) te verschalen tot een streefconcentratie van 500 µmol Olsen-P/l is ca. 160 jaar maaien en afvoeren noodzakelijk. Het zand direct onder de bouwvoor (25-35 cm-mv) is ook nog te rijk aan fosfor (Olsen-P: 1229 µmol/l en P-t: 9,5 mmol/l). De zandbodem op 35-45 cm onder maaiveld is voldoende schraal (Olsen-P: 174 µmol/l en P-t: 3,4 mmol/l) voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t: 19 mmol/l, berekende Ca-z: ± 6.000 µmol/l, Fe-t: 142 mmol/l).

Advies: 35 cm afgraven voor de ontwikkeling van een heischraal grasland.

Locatie 2 (GLG = 90 cm-mv, GHG = 30 cm-mv)

De zandige bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig tot sterk ijzerhoudend (Fe-t: 81-109 mmol/l) en matig calciumhoudend (Ca-t: 23-26 mmol/l en Ca-z: ± 9.500 µmol/l). De bouwvoor is als gevolg van het agrarische gebruik te rijk aan fosfor (Olsen-P: 1926-2295 µmol/l en P-t: 11,6-15,5 mmol/l) voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde natuurtypen. Om de bouwvoor (bodempakket van 25 cm) te verschalen tot een streefconcentratie van 500 µmol Olsen-P/l is ca. 90 jaar maaien en afvoeren noodzakelijk. Het zand direct onder de bouwvoor (30-45 cm-mv) is in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (min. 9 jaar maaien en afvoeren) voldoende schraal (Olsen-P: 453 µmol/l en P-t: 4,4 mmol/l) voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t: 13 mmol/l, Ca-z: ± 5.500 µmol/l, Fe-t: 137 mmol/l).

Advies: 30 cm afgraven in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (min. 9 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een heischraal grasland.

Locatie 3 (GLG 120 cm-mv, GHG = 40 cm-mv)

De zandige bouwvoor (0-25 cm-mv) is matig tot sterk ijzerhoudend (Fe-t: 49-62 mmol/l) en matig calciumhoudend (Ca-t: 30-36 mmol/l en Ca-z: ± 12.000 µmol/l). De bouwvoor is als gevolg van het agrarische gebruik te rijk aan fosfor (Olsen-P: 2747-2995 µmol/l en P-t: 12,7-14,1 mmol/l) voor de

ontwikkeling van P-gelimiteerde natuurtypen. Om de bouwvoor (bodempakket van 25 cm) te verschalen tot een streefconcentratie van 500 µmol Olsen-P/l is ca. 80 jaar maaien en afvoeren noodzakelijk. Het zand direct onder de bouwvoor (25-35 cm-mv) is ook nog te rijk aan fosfor (Olsen-P: 2616 µmol/l en P-t: 13,2 mmol/l). De zandbodem op 35-45 cm-mv is in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 6 jaar maaien en afvoeren) voldoende schraal (Olsen-P: 952 µmol/l en P-t: 4,8 mmol/l) voor de ontwikkeling van een heischraal grasland of mogelijk een blauwgrasland (Ca-t: 28 mmol/l, berekende Ca-z: ± 8.500 µmol/l, Fe-t: 29 mmol/l). Voor een blauwgrasland zakt het grondwater in de zomer wel vrij ver weg (GLG na maaiveldverlaging 85 cm-mv).

Advies: 35 cm afgraven in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 6 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een heischraal grasland of mogelijk een blauwgrasland.

Locatie 4 (GLG 100 cm-mv, GHG = 40 cm-mv)

De zandige bouwvoor (0-25 cm-mv) is sterk ijzerhoudend (Fe-t: 94-114 mmol/l) en matig calciumhoudend (Ca-t: 36-42 mmol/l en Ca-z: ± 13.000 µmol/l). De bouwvoor is als gevolg van het agrarische gebruik te rijk aan fosfor (Olsen-P: 2067-2577 µmol/l en P-t: 14,5-14,8 mmol/l) voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde natuurtypen. Om de bouwvoor (bodempakket van 25 cm) te verschalen tot een streefconcentratie van 500 µmol Olsen-P/l is ca. 90 jaar maaien en afvoeren noodzakelijk. Het zand direct onder de bouwvoor (25-35 cm-mv) is voldoende schraal (Olsen-P: 749 µmol/l en P-t: 10,1 mmol/l) voor de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland (Ca-t: 58 mmol/l, Ca-z: ± 15.000 µmol/l, Fe-t: 196 mmol/l). De diepere zandbodem is rijker aan P, zodat er waarschijnlijk nog aanvullend verschralingsbeheer (ca. 10 jaar) noodzakelijk is. Op basis van de uit het bodemprofiel afgeleide GLG en GHG (100 en 40 cm-mv) lijkt het na maaiveldverlaging voldoende nat te zijn voor de ontwikkeling van dotterbloemhooiland (GLG: 75 cm-mv en GHG: 15 cm-mv). Op deze locatie zal de GHG na verondiepen van de Saasvelderbeek waarschijnlijk nog met 10-20 cm stijgen.

Advies: 25 cm afgraven in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 10 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland.

Locatie 5 (GLG 190 cm-mv, GHG = 120 cm-mv)

De zandige bouwvoor (0-25 cm-mv) is matig ijzerhoudend (Fe-t: 55-65 mmol/l) en matig calciumhoudend (Ca-t: 36-38 mmol/l en Ca-z: ± 12.500 µmol/l). De bouwvoor is als gevolg van het agrarische gebruik veel te rijk aan fosfor (Olsen-P: 4703-5603 µmol/l en P-t: 26,1-28,1 mmol/l) voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde natuurtypen. Om de bouwvoor (bodempakket van 25 cm) te verschalen tot een streefconcentratie van 500 µmol Olsen-P/l is ca. 190 jaar maaien en afvoeren noodzakelijk. Het zand direct onder de bouwvoor (25-35 cm-mv) is in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 6 jaar maaien en afvoeren) voldoende schraal (Olsen-P: 546 µmol/l en P-t: 4,9 mmol/l) voor de ontwikkeling van een droog heischraal grasland (Ca-t: 16 mmol/l, Ca-z: ± 5.500 µmol/l, Fe-t: 197 mmol/l).

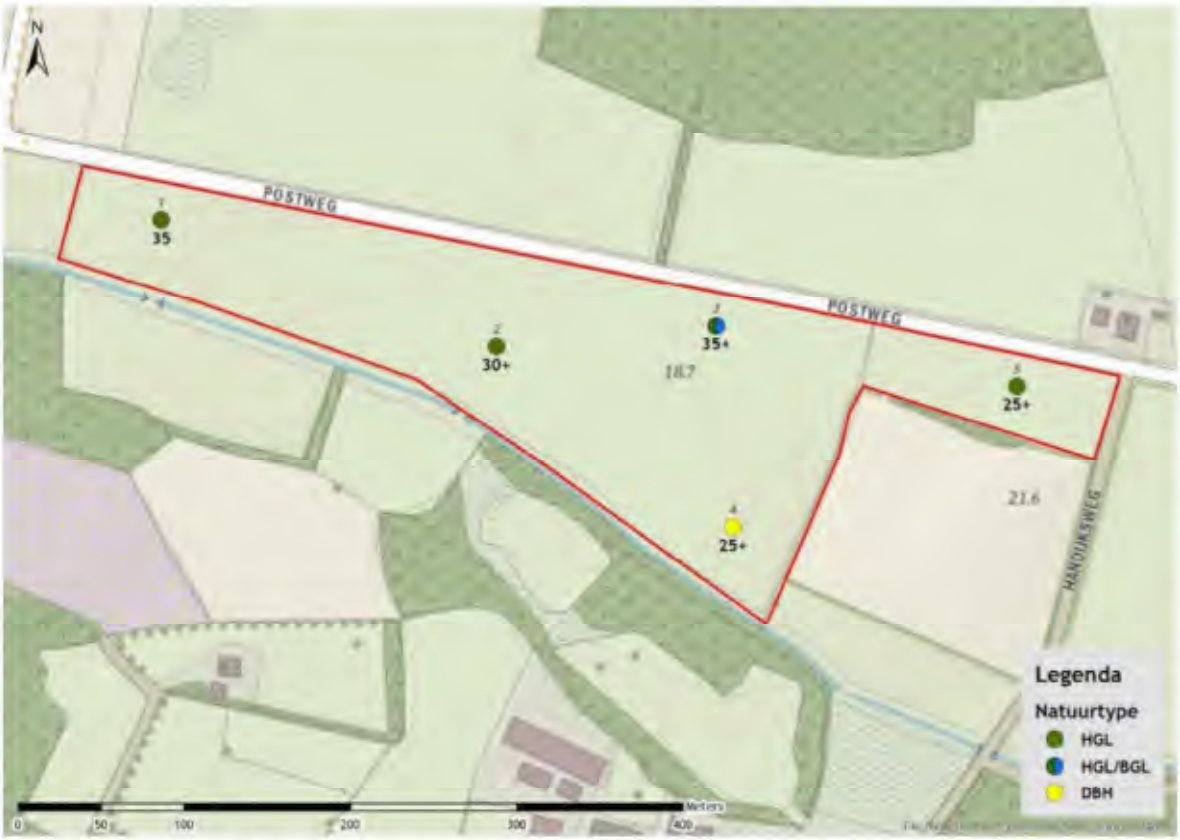
Advies: 25 cm afgraven in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 6 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een droog heischraal grasland.

Samenvatting kansen voor natuurontwikkeling

De in de vorige paragraaf beschreven kansen voor natuurontwikkeling worden in Tabel 6 samengevat. In de tabel wordt de bodemchemische samenstelling van de nieuwe toplaag gegeven. Wanneer in de tabel de bodemlaag van 25-35 cm onder maaiveld staat gegeven, dan kan het aangeven natuurtype worden gerealiseerd na afgraven van de toplaag van 25 cm. Bij beheer staat of er nog aanvullend verschralingsbeheer (maaien en afvoeren) noodzakelijk is. In Figuur 11 worden de adviezen uit Tabel 6 ruimtelijk weergegeven.

Tabel 6. Overzicht van de natuurontwikkelingspotenties (hoog ambitieniveau) per locatie. Op de locaties waar het noodzakelijk is om de bouwvoor af te graven, is in de tabel de bodemchemie van de nieuwe toplaag gegeven. GLG/GHG = grondwaterstanden na de eventueel voorgestelde maaiveldverlaging (geen rekening gehouden met effecten verondiepen Saasvelderbeek); Natuurtype: HGL = heischraal grasland, BGL = blauwgrasland en DBH = dotterbloemhooiland (vochtig hooiland). Beheer = aanvullend verschralingsbeheer: - = niet nodig, + = < 10 jaar maaien en afvoeren. Voor nadere uitleg over de verschillende bodemchemische variabelen en de gebruikte kleurarceringen, zie het bijschrift van Tabel 2.

Loc.	GLG	GHG	Diepte	Grondsoort	HZT	Natuurtype	Beheer	OS	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3	M5	M8
1	85	10	35 - 45	zand, matig siltig, zwak humeus	BC	HGL	-	3	174	3,4	238	49	142		6043										
2	60	0	30 - 45	zand, sterk siltig, zwak humeus	BC	HGL	+	1	453	4,4	171	13	137	22	5695	530	2904	5,6	99	3	81	30	6	2	1
3	85	5	35 - 45	zand, sterk siltig, matig humeus, omgewerkt	AB	HGL/BGL	+	3	952	4,8	200	28	29		5882								6	6	2
4	75	15	25 - 35	zand, sterk siltig, zwak humeus, omgewerkt	AB	DBH	+	3	749	10,1	357	58	196	32	14938	305	5998	5,8	100	0	364	94	19	11	3
5	165	95	25 - 35	zand, matig siltig	C	HGL	+	2	546	4,9	446	16	197	71	5750	514	945	5,3	98	2	18	30	8	1	0



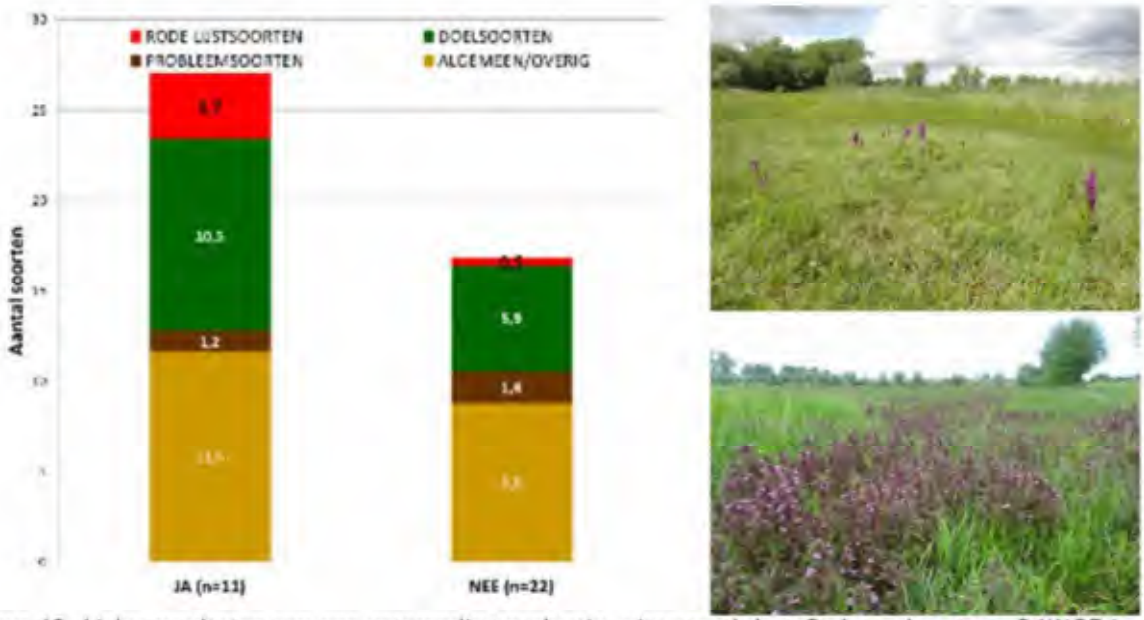
Figuur 11. Kaart met de te realiseren natuurtypen en de geadviseerde verschralingsmaatregelen. Het getal boven iedere stip geeft het locatienummer en het getal onder de stip geeft aan hoeveel cm P-rijke bodem er afgegraven moet worden. Indien aanvullend verschralingsbeheer noodzakelijk is, wordt dit aangeven met een plusteken: + = < 10 jaar maaien en afvoeren. Natuurtype: HGL = heischraal grasland, BGL = blauwgrasland en DBH = dotterbloemhooiland (vochtig hooiland).

Op locatie 1, 2, 3 en 5 ontstaan na afgraven van de P-rijke toplaag kansen voor de ontwikkeling van vochtig of droog heischraal grasland. Voor de ontwikkeling van heide is de zandbodem (nog) te goed gebufferd. Vanwege de iets hogere buffering van de bodem op locatie 3, lijkt een ontwikkeling richting blauwgrasland ook mogelijk. Op locatie 4 ontstaan na afgraven mogelijkheden voor de ontwikkeling van vochtig hooiland (bodem voldoende sterk gebufferd en ijzerrijk).

Uitgezonderd locatie 3 is de bodem na afgraven rijk aan ijzer (> 100 mmol/l). Door extra immobilisatie door ijzer kan de Olsen-P concentratie in de toplaag van de bodem uiteindelijk lager worden dan verwacht op basis van de analyses. Mogelijk is er daardoor een kortere periode of zelfs geen aanvullend verschralingsbeheer nodig.

4.4 Aanvullende maatregelen

De eerste jaren na de het afgraven van de voedselrijke toplaag dient maaibeheer plaats te vinden om de ontwikkeling en uitbreiding van algemene/ruigte soorten te beperken. Doordat vaak vele zaden aanwezig zijn kunnen deze algemene soorten, ook onder P-arme condities, tot ontwikkeling komen. Door middel van een maaibeheer en het aanbrengen van maaisel of plagsel kan de groei van ongewenste algemene soorten worden onderdrukt. Opgemerkt dient te worden dat de lokale ontwikkeling van ruigtes op zichzelf niet nadelig is en zelfs kan bijdragen aan de diversiteit van een gebied. Vlinders, sprinkhanen, vogels en kleine zoogdieren kunnen hiervan profiteren.



Figuur 12. Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015. Op 33 locaties zijn vegetatieopnames gemaakt in gebieden waar door middel van ontgronding (minimaal 4 jaar geleden) voedselarme condities zijn gecreëerd op voormalige landbouwgronden ten behoeve van schraallandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel (11 locaties) en geen (22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgronding, heeft plaatsgevonden. De soorten zijn verdeeld over vier klassen: Rode Lijstsoorten, Doelsoorten, Probleemsoorten en Algemene/overige soorten. Bron: Onderzoekcentrum B-WARE. Rechts: Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalland met onder ander Moeraskartelblad, Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blauwe knoop, Vetblad, Heidekartelblad, Gevlekte orchis, Welriekende nachtorchis, Brede orchis en Moeraswespenorchis door middel van het afgraven van de voedselrijke toplaag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's: 5.1.2e.

Op de afgegraven locaties wordt geadviseerd om kort na afgraven (<1 jaar) maaisel/plagsel op te brengen uit goed ontwikkelde referentielocaties om kolonisatie door doelsoorten te stimuleren. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank vaak niets meer over. Natte, venige laagtes kunnen een uitzondering vormen. Zonder het uitstrooien van vers maaisel of plagsel uit geschikte referentiegebieden is de kans op vestiging van doelsoorten klein. Veel zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd op de herstelde terreinen. Het herintroduceren van doelsoorten uit zo lokaal mogelijke bronnen (in verband met de genetische diversiteit en de aanpassing aan lokale omstandigheden) leidt onder de juiste bodemchemische en hydrologische omstandigheden tot een succesvol herstel van ontgronde terreinen (Figuur 12).

Figuur 13. Het uitstrooien van heideplagsel en het resultaat na vier jaar. Foto's: [redacted], Stichting Het Limburgs Landschap.

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel (Figuur 12 en Figuur 13) waarbij idealiter 1 m^2 vers verzameld maaisel over 1(-2) m^2 bodem wordt verspreid. Wanneer dit niet mogelijk is, kan het maaisel in een lagere dichtheid of in kleinere over het gebied verspreide zones worden opgebracht. Wanneer vers plagsel of bodemmateriaal (indicatie dichtheid: 1 m^2 verspreiden over 15-25 m^2) uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhiza schimmels) geïntroduceerd. Mycorrhiza schimmels zijn van belang bij de opname van nutriënten onder voedselarme omstandigheden. Daarnaast beschermen ze de kiemlingen tegen verdroging. Het aanbrengen van maaisel of plagsel op een dichte zode is geen geschikte maatregel door het ontbreken van vestigingsplekken. Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.

Op P-gelimiteerde bodems is de kans op de ontwikkeling van een soortenrijke vegetatie het grootste en het risico op ongewenste verruiging het kleinst. Wanneer aanvullend verschralingsbeheer vereist is, duidt dit erop dat de bodem na ontgronding nog niet voldoende P-arm is voor de beoogde ontwikkeling. Een aanvullend verschralingsbeheer biedt hier wel mogelijkheden om de gewenste P-concentraties binnen redelijke termijn te realiseren.

Dit brengt echter ook risico's met zich mee. Onder licht/matig voedselrijke, vochtige tot natte omstandigheden kan de eerste jaren (wanneer aanvullende verschraling vereist is) verruiging met bijvoorbeeld pitrus optreden (Figuur 14) die een belemmering kan vormen voor de beoogde ontwikkeling. Overigens is de pitrus op beperkt verrijkte bodems veelal ijler in vergelijking met voedselrijke bodems. Het is de vraag of dit risico wordt genomen of dat 10 cm extra wordt

afgegraven waardoor de ontwikkeling van de doelvegetatie direct kan gaan plaatsvinden en het risico op pitrusontwikkeling wordt beperkt.

Figuur 14. Pitrusontwikkeling op percelen die na inrichting nog beperkt tot matig verruigd zijn met fosfaat (Olsen-P concentraties 600-850 µmol/l). Aanvullend verschralingsbeheer biedt hier wel perspectief. Door voldoende P-gelimiteerde omstandigheden te creëren en maaisel uit een referentiegebied op te brengen kan dit worden voorkomen. Foto's: 5.1.2e en 5.1.2e.

Wanneer na een ontgronding nog sprake is van te voedselrijke omstandigheden is het risico op ongewenste, uitbundige groei van watercrassula ook groter (Figuur 15). Wanneer sprake is van voedselarme omstandigheden dan is dit risico kleiner. Mocht watercrassula alsnog tot ontwikkeling komen dan is de totale biomassa veelal lager. Ook de inundatie met voedselrijk water kan de ontwikkeling van watercrassula stimuleren. Overigens kunnen zowel de verruiging met pitrus als de woekering van watercrassula worden beperkt door doelsoorten/concurrenten in te brengen (Brouwer e.a., 2017). Dit bevestigt de noodzaak van het inbrengen van maaisel na het uitvoeren van een ontgronding.

Figuur 15. Watercrassula is een invasieve exoot plantensoort die met name in natte en vochtige, zandige natuurgebieden inheemse plantensoorten verdringt. De soorten kan gaan woekeren op open plekken na een ontgronding, vooral wanneer de N-concentraties (> 40 µmol/l in het oppervlaktewater) en P-concentraties (>350 µmol/l Olsen-P in de bodem) nog te hoog zijn en/of voldoende CO_2 beschikbaar is (>200 µmol/l). Door voldoende voedselarme condities te creëren en de ontwikkeling van concurrenten (o.a. pilvaren, oeverkruid, waterpostelein, vlottende bies, knolrus, veenmos, veelstengelige waterbies en moerashertshooi) te stimuleren kan het risico op de woekering van watercrassula worden beperkt (van der Loop & van Kleef, 2020; Brouwer e.a., 2017). Links: Heerenven (foto: 5.1.2e). Rechts: Akkerenven (foto: 5.1.2e).

Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd. Voor grondwaterafhankelijke natuurtypen zoals heischrale graslanden, blauwgraslanden en dotterbloemhooilanden is grondwaterinvloed in de wortelzone of het maaiveld vereist van circa oktober/november t/m maart/april om verzuring, de vorming van regenwaterlenzen en de ontwikkeling van zure vegetaties (op kansrijke locaties voor (zwak) gebufferde schraallande/hooilanden) tegen te gaan. Op plekken waar regenwater stagneert kunnen veenmossen gaan domineren, vooral op gebufferde bodems omdat hier veel CO_2 beschikbaar komt. Tenslotte kan inundatie met P-rijk oppervlaktewater en/of de afzetting van P-rijk slib tot verrijking en daarmee tot verruiging leiden.

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 Belangrijkste conclusies

- In het onderzoeksgebied is de bodem opgebouwd uit matig tot sterk siltig zand. De dikte van de bouwvoor varieert van 25 tot 30 cm.
- De geanalyseerde zandbodems zijn matig tot sterk ijzerhoudend (gemiddeld 122 mmol Fe-t/l bodem) en zwak tot sterk calciumhoudend (gemiddeld 32 mmol Ca-t/l bodem en ± 10.000 µmol Ca-z/l bodem).
- Op alle onderzochte locaties is de bouwvoor te rijk voor de ontwikkeling schrale soortenrijke natuurtypen. De berekende verschralingsduur van de toplaag van de bodem via maaien en afvoeren tot een Olsen-P concentratie van 500 µmol/l, varieert van ca. 80 tot 190 jaar.
- Na het afgraven van de P-rijke toplaag van 25 tot 35 cm, evt. in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer, is de bodem voldoende schraal voor de ontwikkeling van een (droog) heischraal grasland en lokaal mogelijk een blauwgrasland of dotterbloemhooiland.

5.2 Aanbevelingen

- Voor de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuurtypen, zoals een blauwgrasland of dotterbloemhooiland, is het essentieel dat het (gebufferde) grondwater in de winter en voorjaar stijgt tot in de wortelzone of het maaiveld om de buffering van de bodem op peil te houden en daarmee verzuring tegen te gaan. Bij dit onderzoek is gebruik gemaakt van de uit het bodemprofiel ingeschatte grondwaterstanden (GLG en GHG). Het advies is om deze grondwaterstanden te vergelijken met de modelberekeningen van het waterschap.
- Het eventueel afgraven van de P-rijke bodem dient te worden getoetst op de inpassing in het hydrologische systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van dit onderzoek. Door de P-rijke bodem af te graven komt het maaiveld lokaal mogelijk lager te liggen dan de beek na verondieping.
- Na afgraving of het bereiken van de gewenste verschraling (na verwijdering van de dichte soortenarme zode) wordt geadviseerd maaisel en/of plagsel uit een referentieterrein op te brengen. Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (zowel bodemchemisch als mogelijk hydrologisch) te creëren voor de beoogde doelsoorten. Het aanbrengen van maaisel en/of plagsel helpt ook om woekering van de exoot watercrassula te voorkomen/beperken, zeker wanneer de bodem na afgraven nog wat te voedselrijk is.

6. LITERATUUR

Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen (2016) Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad Natuur Bos Landschap* maart: 10-13.

Brouwer, E., E.C.H.E.T. Lucassen, M. Buiks & T. Onkelinx (2017) Competitive strength of Australian swamp stonecrop (*Crassula helmsii*). *Aquatic Invasions* 12 (3): 321-331.

Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.

De Becker, P. (2004) Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende Alno/Padion en Alnion incanae/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.

Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma (2005) OGOR Natuur in Noord-Brabant. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.

Graaf, N. de (2021) Hydrologische effecten verondieping Saasvelderbeek Handijksmeden. Memo Waterschap Vechtstromen.

Klimkowska, A., R. van Diggelen, J.P. Bakker & A.P. Grootjans (2007) Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* **140**: 318-328.

Lamers, L.P.M., E.C.H.E.T. Lucassen, A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2005) Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H_2O* **38** (17): 28-30.

Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs (2009) Verpitrussing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* **110** (1): 43-46.

Loop, J. van der & H. van Kleef (2020) Omgaan met watercrassula in natuurgebieden. Uitgave Stichting Bargerveen, Nijmegen.

Mullekom, M. van, A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.

Mullekom, M. van, F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs (2009) Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **6**: 2-7.

Mullekom, M. van & F. Smolders (2012) Bodemchemisch onderzoek Gooiermars. Onderzoek naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden op voormalige landbouwgronden. Rapport 2012.34, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M. Weijters, H.B.M. Tomassen, R. Bobbink, A.J.P. Smolders (2013) Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* **114**: 120-126.

Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Department of Agriculture* circular No. 939.

Scherpenisse, M. C., E. Verbaarschot, R. Bobbink & P.J.M. Verbeek (2016) Graslanden in Overijssel. Advies voor kwaliteitsverbetering van kruiden- en faunarijk grasland. Natuurbalans - Limes Divergens BV & Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006) De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **3**(4): 5-11.

Smolders, A., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen, & E. Brouwer (2009) Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* **110**: 33-38.

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2012) Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **1**: 12-15.

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2016) Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* **45**: 701-708.

Tsiafouli, M.A., E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C. de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett, M.V. Brady, L. Bjornlund, H.B. Jørgensen, S. Christensen, T. D' Hertefeldt, S. Hotes, W.H.G. Hol, J. Frouz, M. Liiri, S.R. Mortimer, H. Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V. Wolters & K. Hedlund (2015) Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* **21**: 973-985.

60213 0002

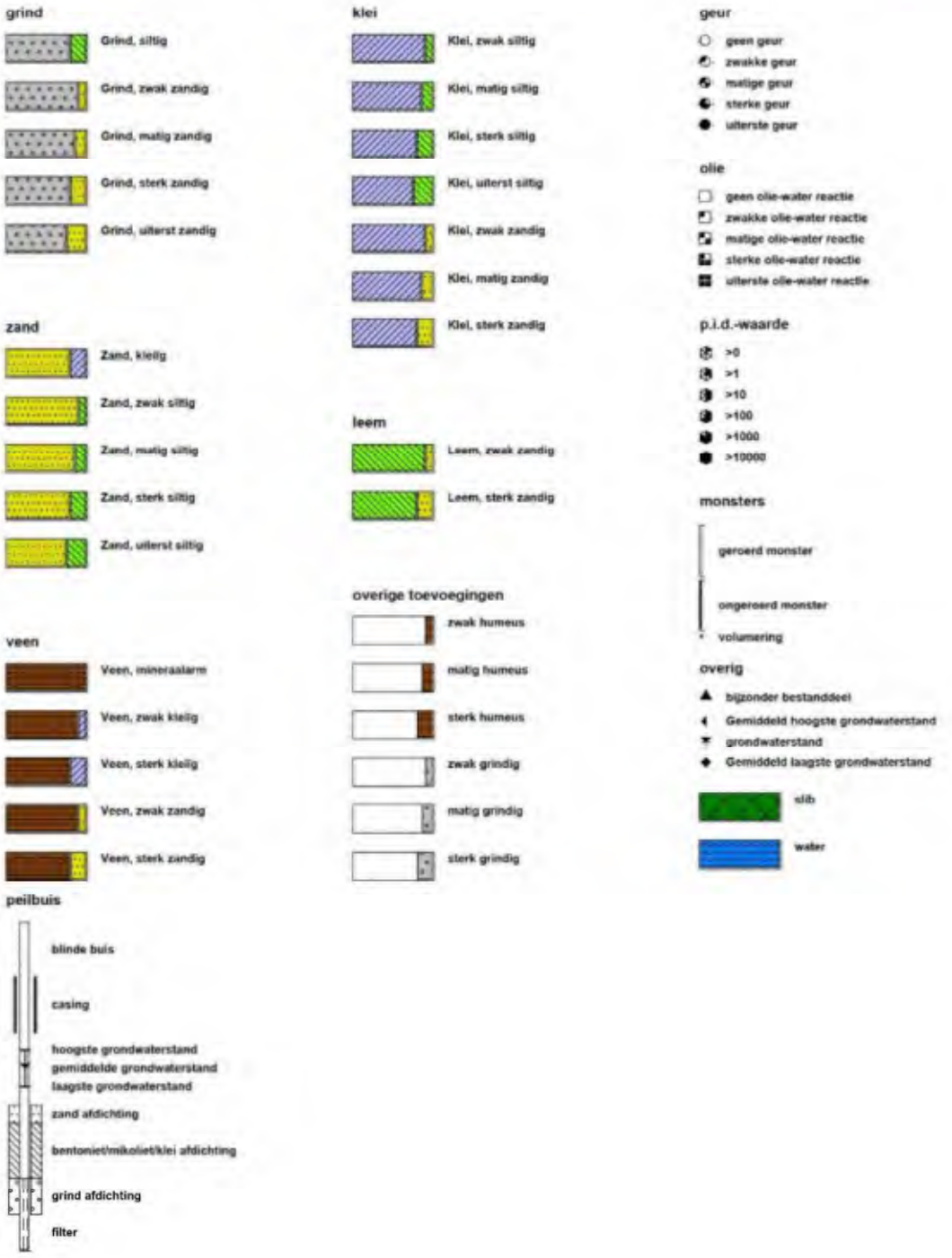
7. BIJLAGEN

Bijlage 1. Profielbeschrijvingen volgens NEN5104 van de boorlocaties in de Handijksmeden. Profielbeschrijvingen zijn opgesteld door ATKB (boormeester 5.1.2e).

Legenda:

ATKB

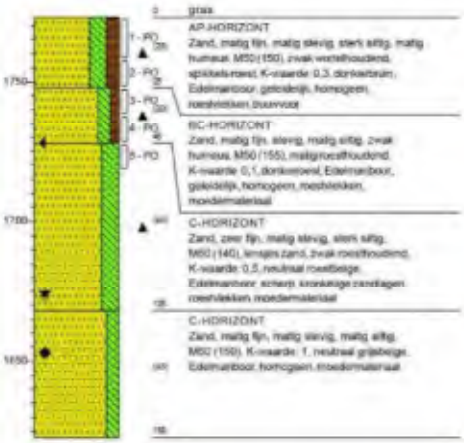
Legenda (conform NEN 5104)



ATKB

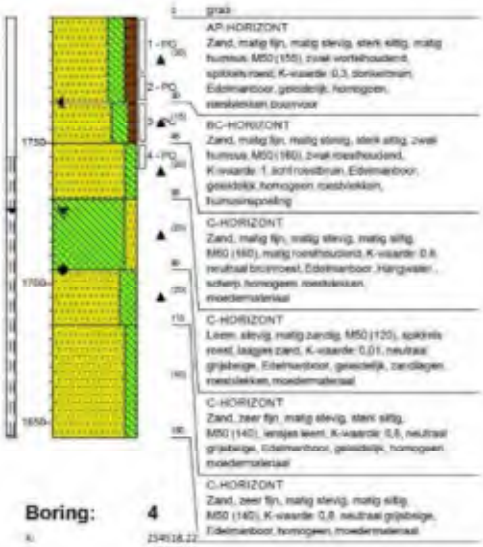
Boring: 1

X:	254174,11
Y:	482788,61
Datum:	10-9-2021
Boormeester:	S.J.Ze
N.A.P.:	17,729
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	100
GHG:	45
GLG:	120



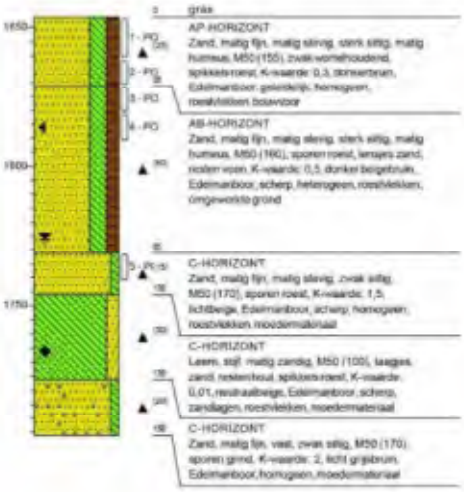
Boring: 2

X:	254375,89
Y:	482706,85
Datum:	10-9-2021
Boormeester:	S.J.Ze
N.A.P.:	17,951
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	70
GHG:	30
GLG:	90



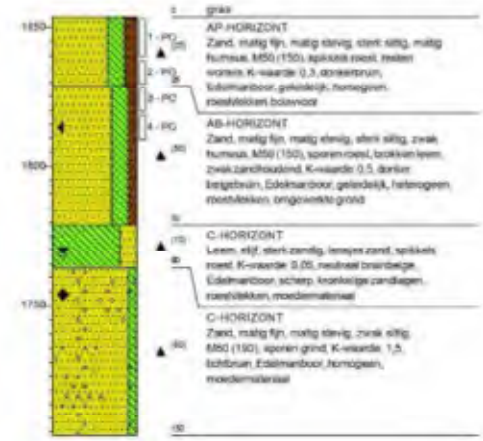
Boring: 3

X:	254508,02
Y:	482759,21
Datum:	10-9-2021
Boormeester:	S.J.Ze
N.A.P.:	18,538
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	80
GHG:	40
GLG:	120



Boring: 4

X:	254618,22
Y:	482597,80
Datum:	10-9-2021
Boormeester:	S.J.Ze
N.A.P.:	18,539
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	85
GHG:	40
GLG:	100



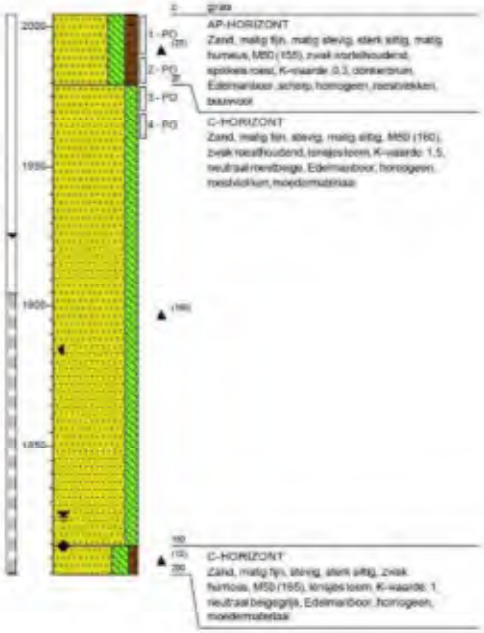
Projectcode: PR-21.128 ***Opdrachtgever: Staatsbosbeheer***

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek Handijksmeden

ATKB

Boring: 5

X:	254849,05
Y:	482683,07
Datum:	07-6-2021
Boormeester:	S. T. Zijl
N.A.P. :	20,044
Nauwkeurigheid GPS:	878, Rand inloggen
GWS:	180
GHG:	120
GLG:	190



0 gras
AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, M50 (155), zwak mortelhoudend, spikkels roest, K-waarde 0,3, donkerbruin, Edelmanboor ,scherp, horrogeen ,roestvlekken, bouwvoor

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, M50 (180), zwak roesthoudend,lemjeslaren, K-waarde: 1,5, neutraal roestbeige, Edelmanboor, horrogeen, roestviolrium,moedermateriaal

150
(15)
200
C-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, sterk siltig, zwak humoos, M50 (165), lemjes loem, K-waarde: 1, neutraal begeigrijs, Edelmanboor ,horrogeen, moedermateriaal

Projectcode: PR-21.128 ***Opdrachtgever: Staatsbosbeheer***

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek Handijksmeden

www.b-ware.eu

BemestingsWijzer
Grasland
staatsbosb. 1

Uw klantnummer: 8957924

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E 5.1.2e @eurofins.com
I www.eurofins-agro.com

Provincie Overijssel
Eenheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Onderzoek

Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
749872/005364686	07-04-2021	14-04-2021

inkoopd.4500018209

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	1990	1500 - 2190					
	C/N-ratio		11	13 - 17					
	N-leverend vermogen	kg N/ha	130	95 - 145					
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	5	20 - 30					
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	340	270 - 380					
	C/S-ratio		64	50 - 75					
	S-leverend vermogen	kg S/ha	10	20 - 30					
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	1,6	3,0 - 4,3					
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	125	160 - 230					
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	30	100 - 145					
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	95	90 - 145					
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	30	95 - 225					
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	820	630 - 945					
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	80	120 - 180					
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	130	45 - 155					
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	5	70 - 115					
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	15	30 - 45					
Fysisch	Zuurgraad (pH)		4,7	5,0 - 5,7					
	C-organisch	%	1,6						
	Organische stof	%	3,4						
	C/OS-ratio		0,47	0,45 - 0,55					
	Koolzure kalk	%	0,2	2,0 - 3,0					
	Klei (<2 µm)	%	3						
	Silt (2-50 µm)	%	6						
	Zand (>50 µm)	%	87						
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	46	> 43					
	CEC-bezetting	%	88	> 95					
	Ca-bezetting	%	66	75 - 85					
	Mg-bezetting	%	17	6,0 - 10					
	K-bezetting	%	3,9	2,0 - 5,0					
	Na-bezetting	%	1,1	1,0 - 1,5					
	H-bezetting	%	0,4	< 1,0					
	Al-bezetting	%	1,6	< 1,0					

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0				
Verslemping	rapportcijfer	7,7	6,0 - 8,0				

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch	Vochthoudend vermogen	mm	17						
	Microbiële biomassa	mg C/kg	444	170 - 510			■		
	Microbiële activiteit	mg N/kg	80	125 - 175		■			
	Schimmel/bacterie-ratio		0,6	0,7 - 1,0	■				

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 21	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-$CaCl_2$)	= 1,2	mg P/kg
Pw-getal	= 20	mg P_2O_5/l

Oostelijk Veehouderijgebied

RD-projectie

Hoekpunten perceel: 267814 488505, 267867 488505, 267866 488525, 267870 488530, 267869 488554, 267860 488684, 267757 488673, 267786 488634, 267794 488621, 267797 488570, 267728 488569, 267729 488558, 267731 488549, 267734 488536, 267741 488518, 267746 488503, 267814 488505

Vanwege ruimtegebrek is het mogelijk dat niet alle coordinaten van de vastgelegde hoekpunten van het perceel op dit verslag zijn weergegeven. Deze zijn echter wel opgeslagen in onze database.

staatsbosb. 1

Advies	Stikstof (N)			2021 t/m 2024						
	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	352	zeer licht weiden	< 1000	55	14	11	11	13	12	12
		licht weiden	1000 - 1500	76	22	32	32	29	26	24
		normaal weiden	1500 - 2000	92	49	50	50	43	37	32
		licht maaien	2000 - 2500	107	73	65	65	52	44	
		normaal maaien	2500 - 3000	117	94	78	78	60		
		zwaar maaien	> 3000	123	113	89	89			
		standweiden		76	-	53	41	42	33	33

				2021		2022 t/m 2024	
		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	35 (2e snede)	35	35 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		35	10 (eenmalig)	35	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		35	20 (eenmalig)	35	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	35	20	35	20
		normaal maaien	> 2500	35	25	35	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		100	15 (eenmalig)	100	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		100	85 (eenmalig)	100	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	140	70	140	70
		normaal maaien	> 2500	180	100	180	100

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	110	110	110	110

			2021		2022 t/m 2024	
	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)		50	50 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)		10	10 (eenmalig)	10	10 (eenmalig)

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	655	-	-	-
		Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 95			

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	0
	Calcium (CaO)	eenmalig	245
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
De P-buffering is 18 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 12

Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

Magnesium:
Magnesium (Mg) is van belang voor opbrengst van gras, maar de Mg-voorziening moet tevens in orde zijn om het risico op kopziekte te voorkomen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

staatsbosb. 1

Bontheid

Legenda

Schaal: 1:5,000

Bodemscout

Gewasproductie

- Boven gemiddeld
- Gemiddeld
- Onder gemiddeld

Percelen

- Bemonsterd perceel
- Gewasperceel
- Perceelsvlak
- Bodemscoutvlak

Datum: 09-04-2021 Tijd: 16:53:15

BodemScout toont - gebaseerd op 9 jaar satellietbeelden - de structurele verschillen binnen een gewasperceel; waar deed het gewas het gemiddeld beter en waar slechter? Geeft de BodemScout aan dat uw perceel heel heterogeen is, dan kunt u eerst onderzoeken waardoor de verschillen veroorzaakt worden (zoals structuur, vochtbinding, (schadelijk) bodemleven, tekort aan nutriënten, pH-toestand) en vervolgens uw management aanpassen aan deze informatie.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Organische stof

Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 3,2

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Netto toename van effectieve organische stof.

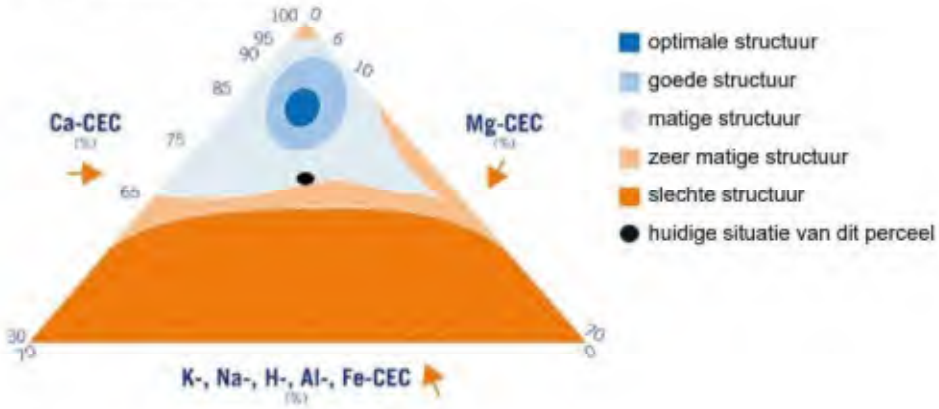
Figuur: Kwaliteit van de organische stof

Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek



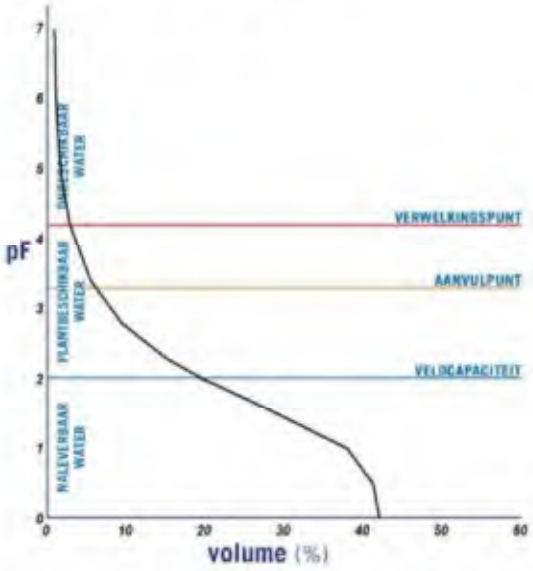
staatsbosb. 1

Fysisch **Figuur: Textuurdriehoek**

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 17 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 6,2 % vocht zit en geef dan 14 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, 5.1.2e
Contactpersoon monstername:	5.1.2e 5.1.2e
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Normaal

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

staatsbosb. 1

Methode		Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse resultaten	N-totale bodemvoorraad	1470	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	S-plantbeschikbaar	3,6	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
	S-totale bodemvoorraad	250	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	P-plantbeschikbaar	1,2	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	P-bodemvoorraad	21	mg P_2O_5/100 g	PAL1: Gw NEN 5793	Q
	K-plantbeschikbaar	21	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	K-bodemvoorraad	1,8	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-plantbeschikbaar	0,3	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-bodemvoorraad	36	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Mg-plantbeschikbaar	59	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Mg-bodemvoorraad	7,9	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Na-plantbeschikbaar	5	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Na-bodemvoorraad	0,5	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Zuurgraad (pH)	4,7		Em: NIRS (TSC®)	
	C-organisch	1,6	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	Organische stof	3,4	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	C-anorganisch	0,03	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Koolzure kalk	0,2	%		
	Klei (<2 µm)	3	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Silt (2-50 µm)	6	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Zand (>50 µm)	87	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei-humus (CEC)	46	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële biomassa	444	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële activiteit	80	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Schimmel biomassa	94	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Bacteriële biomassa	168	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform
P-bodemvoorraad Deze analyse is in duplo uitgevoerd.

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
Het monster is geanalyseerd in het Eurofins Agro laboratorium in Wageningen, tenzij anders is vermeld.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 08-04-2021

staatsbosbeheer

ONDERZOEKCENTRUM B ware

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

BODEMCHEMISCH ONDERZOEK NATUURPOTENTIES VIERDE BERGBOEZEM

- Eindrapportage -

Opdrachtgever: Staatsbosbeheer • Auteurs: 5.1.2e & 5.1.2e •
Projectnummer: PR-22.077 • Rapportnummer: RP-22.077.22.91• Datum: 7-12-2022

BODEMCHEMISCH ONDERZOEK
NATUURPOTENTIES VIERDE BERGBOEZEM

Eindrapportage

5.1.2e

5.1.2e

ONDERZOEKCENTRUM B ware

Titel rapport:
Bodemchemisch onderzoek natuurpotenties Vierde Bergboezem, eindrapportage

Auteurs:
5.1.2e & 5.1.2e

Rapportnummer: RP-22.077.22.91

Opdrachtgever:
Staatsbosbeheer

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:
5.1.2e
Tel: 5.1.2e
5.1.2e @b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2022

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding 7

1.1 Aanleiding 7

1.2 Onderzoeksvragen bodemchemisch onderzoek 8

1.3 Leeswijzer 9

2. Natuurontwikkeling op landbouwgronden 11

2.1 Natuurontwikkeling: belang van fosfaat 11

2.2 Verschralingsmaatregelen bij natuurontwikkeling 12

2.3 Aanvullend advies 15

3. Materiaal en methoden 17

3.1 Veldwerkzaamheden bodemchemisch onderzoek 17

3.2 Chemische analyse 20

4. Abiotiek referentielocaties en beoogde natuurtypen 23

4.1 Abiotische referentiedata beoogde natuurbeheertypen 23

4.2 Resultaten referentiemetingen Vierde Bergboezem 26

5. Resultaten bodemchemisch onderzoek 29

5.1 Inleiding 29

5.2 Bodemtype 29

5.3 Grondwaterstanden 29

5.4 Kansen voor natuurontwikkeling per locatie 29

6. Synthese en conclusies 45

7. Literatuur 49

8. Bijlagen 51

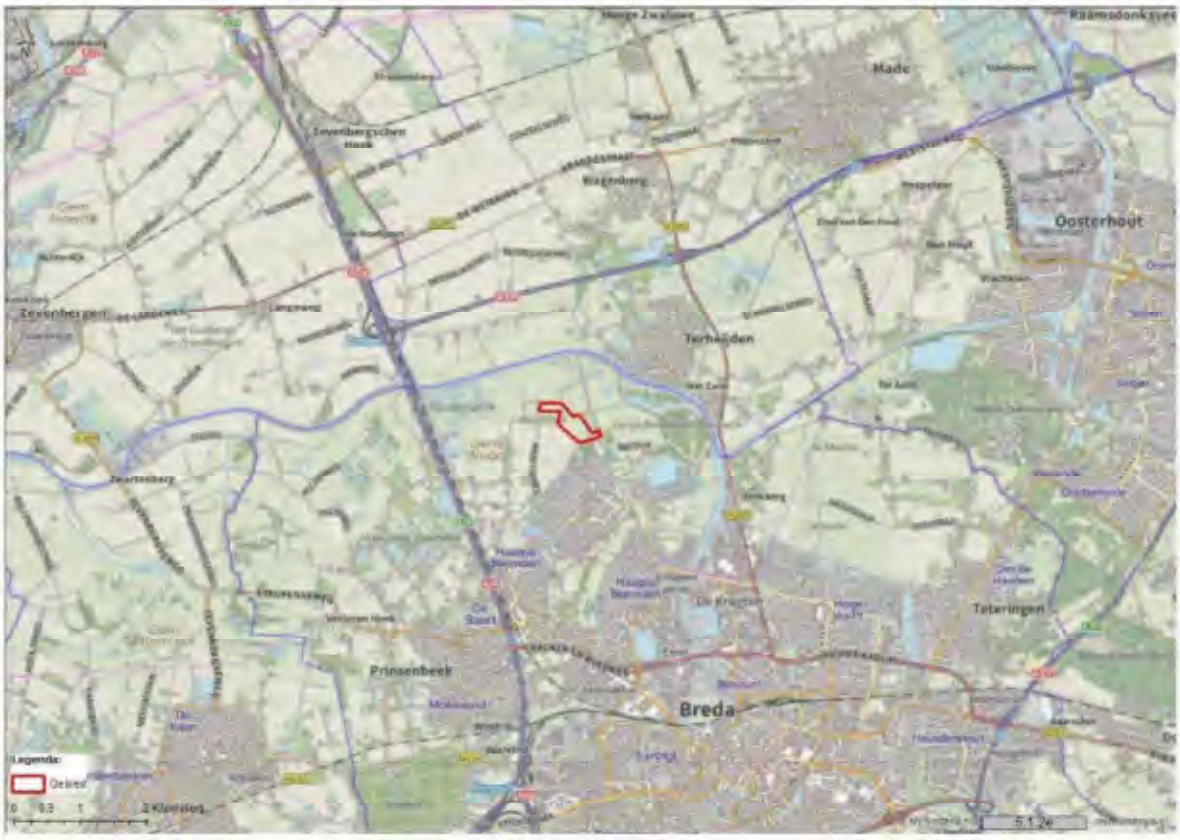
8.1 Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem 51

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

Onderzoekcentrum B-WARE is door Staatsbosbeheer gevraagd om een bodemchemisch onderzoek uit te voeren om natuurpotenties en geschikte inrichtingsmaatregelen in kaart te brengen van enkele percelen in de Vierde Bergboezem ten noorden van Breda (Figuur 1). Het gebied Vierde Bergboezem is ontwikkeld om te fungeren als waterbergingsgebied tijdens hoge waterstanden in de Mark en voor de ontwikkeling van natuur. In 2008-2009 is een aantal percelen (maisakker of grasland) reeds onderzocht door Onderzoekcentrum B-WARE (Weijters en Tomassen, 2009). Onder andere op basis van de resultaten van dit onderzoek is een inrichtingsplan opgesteld en de uitvoering van het plan was in 2010 afgerond.

Het huidige onderzoek heeft betrekking op percelen die ook in het gebied Vierde Bergboezem liggen maar (nog) niet zijn ontwikkeld. Deze percelen zijn momenteel als akker en grasland in gebruik. Het oostelijke perceel is in 2008-2009 ook onderzocht (toen locatie 10). Staatsbosbeheer wil een actueel beeld krijgen van de natuurpotenties en de geschikte inrichtingsmaatregelen van de te onderzoeken percelen.



Figuur 1. Overzicht van de globale ligging van het onderzoeksgebied.

De focus in deze rapportage ligt op de toelichting van het bodemchemisch onderzoek. Hoge nutriëntenconcentraties kunnen de ontwikkelingsmogelijkheden van verschillende vegetatietypen belemmeren. Op 21 locaties werden profielbeschrijvingen uitgevoerd tot 100 cm-mv en bodemmonsters verzameld op verschillende dieptes. Daarnaast zijn in de omgeving van Vierde Bergboezem een aantal referentiemonsters op goed ontwikkelde, reeds afgegraven, locaties verzameld door Staatsbosbeheer.

Door middel van dit bodemchemisch onderzoek kunnen zones in beeld worden gebracht waar door middel van een (beperkte) ontgronding veel winst kan worden behaald. Tevens wordt duidelijk in

welke zones een verschralingsbeheer perspectief biedt. Wanneer het fosfaat te diep in de bodem zit kunnen de ambities worden bijgesteld. Het uitvoeren van een (ecohydrologische) systeemanalyse en het opstellen van een inrichtingsplan maken geen deel uit van het onderzoek. Met behulp van de resultaten van dit onderzoek kan de opdrachtgever gericht keuzes maken bij de gebiedsontwikkeling.

Figuur 2. Nat schraalland (links) en vochtig hooiland (rechts) komen tot ontwikkeling onder relatief voedselarme omstandigheden. Foto's: 5.1.2e en 5.1.2e.

1.2 Onderzoeksvragen bodemchemisch onderzoek

Op basis van de onderzoeksresultaten wordt aangegeven op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor soortenrijke natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschralingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.

Door middel van het onderzoek worden de volgende vragen beantwoord:

- Wat zijn de bodemchemische condities op de referentielocaties?
- Wat is de bodemopbouw op de boorlocaties?
- Tot op welke diepte is de bodem verrijkt met fosfor, wat is de geadviseerde ontgrondingsdiepte voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur?
- Zijn er mogelijkheden om natuur te ontwikkelen door middel van een beperkte ontgronding in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer?
- Welke natuurpotenties zijn er op basis van de bodemchemie en de grondwaterstanden?
- Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen?

Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de verschralingsmogelijkheden en natuurpotenties op basis van de bodemchemische omstandigheden en het bodemtype. Daarnaast zijn ook de grondwaterkwaliteit en (variatie in) grondwaterstanden van invloed op de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Deze (geo)hydrologische aspecten maken echter geen (of in onvoldoende mate) onderdeel uit van dit onderzoek. De resultaten uit dit onderzoek kunnen sterk bepalend zijn voor de keuzes die bij de gebiedsinrichting gemaakt worden. De keuze van de uiteindelijke inrichtingsmaatregelen is echter niet alleen afhankelijk van de kansrijkdom qua bodemchemie. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. Een ontgronding kan bijvoorbeeld een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden en in hoofdstuk 3 worden de toegepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 4 wordt de abiotiek van de referentielocaties en beoogde natuurtypen besproken. De resultaten van het bodemchemisch onderzoek worden in hoofdstuk 5 beschreven inclusief de kansen voor de natuurontwikkeling plus de mogelijke (inrichtings)maatregelen die daarvoor nodig zijn. In hoofdstuk 6 worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen beschreven. Hoofdstuk 7 bevat een overzicht van de gebruikte literatuur en hoofdstuk 8 de bijlagen.

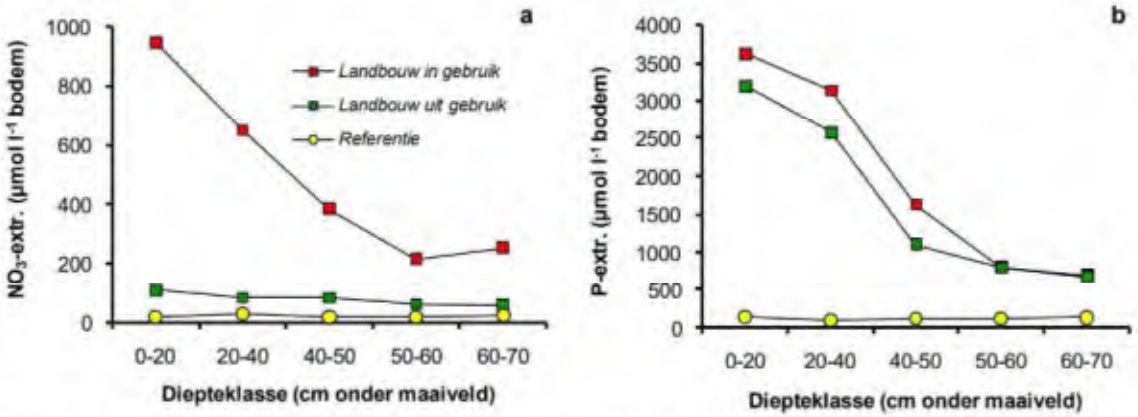
60215 0004

2. NATUURONTWIKKELING OP LANDBOUWGRONDEN

2.1 Natuurontwikkeling: belang van fosfaat

De kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de beschikbaarheid van nutriënten als fosfor (P) en stikstof (N). Stikstoflimitatie is moeilijk te bereiken vanwege de hoge stikstofdepositie in Nederland en ook omdat onder relatief stikstofarme omstandigheden stikstofbindende soorten zich sterk uitbreiden. Het is daarom van belang om te sturen op fosforlimitatie.

Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Figuur 3; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006). Fosfor daarentegen wordt sterk in de bodem gebonden en de fosforbeschikbaarheid neemt na beëindiging van het agrarische gebruik niet sterk af (Figuur 3; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Het is daarom van belang om met maatregelen de beschikbaarheid van fosfor in de bodem te reduceren (zie paragraaf 2.2).

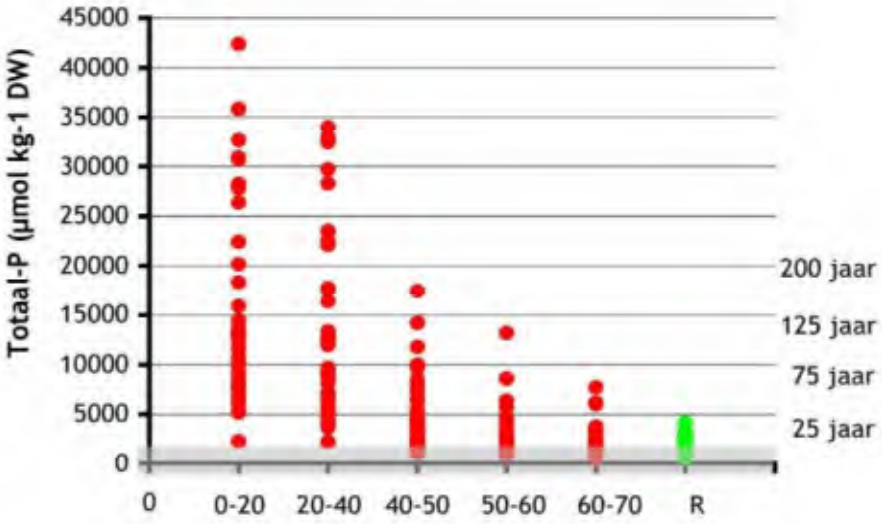


Figuur 3. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de bodem niet meer in landbouwkundig gebruik is doordat het uitspoelt naar het grondwater of wordt gedenitrificeerd. Het sterk in de bodem gebonden (immobiele) fosfaat verdwijnt echter niet op een natuurlijke wijze uit de bodem. Bron: Lamers e.a. (2009).

In tegenstelling tot stikstof neemt de fosforbeschikbaarheid niet door uitspoeling sterk af. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde uitgangssituatie te krijgen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd) (Figuur 3; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag meestal onontkoombaar. Hierbij is het belangrijk om vast te stellen tot hoe diep ontgrond moet worden om een voldoende P-arme uitgangssituatie te creëren. Dit kan door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten (Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; van Mullekom e.a., 2013).

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders e.a., 2006). In de bodem zorgen geoxideerde ijzerverbindingen (ijzer(hydr)oxiden; roest) in belangrijke mate voor de vastlegging

van fosfaat. Onder natte condities kan er geen zuurstof meer in de bodem doordringen waardoor geoxideerde ijzerverbindingen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen.



Figuur 4. Totaal-P concentraties in verschillende voormalige landbouwgronden (rood) en referentiegebieden (R, groen). Op de X-as wordt de diepte in cm weergegeven waarop de monsters zijn genomen. Het grijze gebied geeft de streefwaarde van 2500 µmol totaal-P per kilogram droge bodem. Rechts wordt het aantal jaren gegeven dat nodig is om de totaal-P waarden te laten dalen tot deze referentiewaarde door middel van maaien en afvoeren, aannemende dat er 10 kg P per hectare per jaar kan worden afgevoerd. Bron: Smolders e.a. (2006).

2.2 Verschralingsmaatregelen bij natuurontwikkeling

Verschraling (limitatie van voedingsstoffen) op voormalige landbouwgronden kan op verschillende manieren bereikt worden. De verschillende gangbare methoden worden in de volgende alinea's beknopt toegelicht en kunnen met elkaar gecombineerd worden:

Extensieve begrazing

Bij extensieve begrazing worden nutriënten opgenomen door grazers. Via mest en urine komen ze dan elders weer vrij. Probleem hiervan is echter dat dit vooral leidt tot herverdeling van nutriënten binnen het gebied en veel minder tot de afvoer van nutriënten. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*), niet of weinig gegeten, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009).

Intensief beheer met maaien en afvoeren

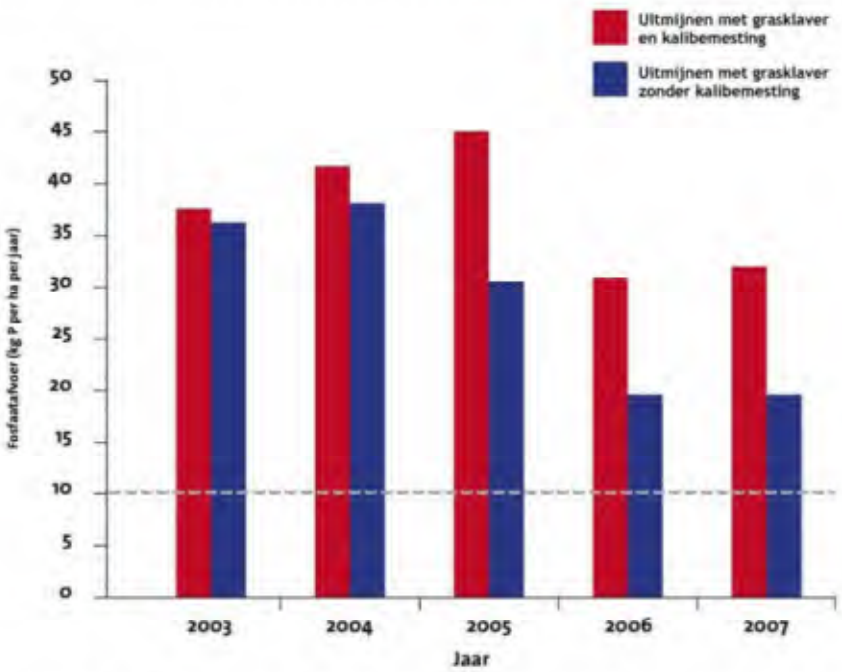
Intensief beheer in de vorm van maaien en afvoeren levert in veel gevallen voldoende resultaat op om de bestaande (gewenste) vegetaties in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal worden afgevoerd, waardoor ze uit het systeem worden onttrokken (Smolders e.a., 2006). Echter, bij landbouwgronden, die intensief zijn bemest, is deze vorm van beheer niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem snel te verlagen. Het kan vele jaren duren, bij sterk bemeste percelen vaak tot 200 jaar, voordat zoveel nutriënten zijn verwijderd dat er sprake is van een voedselarme bodem (Figuur 4, Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005).

De verschralingsduur voor maaien en afvoeren is in deze rapportage berekend op basis van het verschil tussen de actuele totaal-P concentratie en de totaal-P streefconcentratie, uitgaande van een P-afvoer van 10 kg hectare per jaar (Chardon, 2008). De streefconcentratie voor totaal-P is hierbij niet op een standaardwaarde vastgesteld, maar berekend aan de hand van de streefwaarde voor Olsen-P en de actuele beschikbare P-fractie (Olsen-P/totaal-P-ratio). Stel dat de actuele P-fractie 0,1 is (10% van het totaal-P is beschikbaar P), dan is bij een streefwaarde van 500 µmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ((0,5/10) x 100). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem de actuele P-fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ((0,5/5) x 100). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschralingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschralingsduur 10-20% lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschraling in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschralingsduur eerder hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschralingsduur. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 3 mmol/l Voor uitmijnen kan de verschralingsduur op dezelfde wijze berekend worden, maar dan wordt uitgegaan van een P-afvoer van 40 kg hectare per jaar. Wanneer aanvullend verschralingsbeheer vereist is betekent dit dat er onvoldoende voedselarme condities zijn gecreëerd bij de inrichting. Hierdoor is er een kans op verruiging in de vorm van pitrusontwikkeling onder vochtige tot natte omstandigheden. De verschralingsduur via maaien en afvoeren is 4 keer zo lang als de duur via uitmijnen. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld.

In het veenweidegebied is het mogelijk dat de P-afvoer hoger uitvalt dan 10 kg/ha/jaar, door een relatief hoge grasproductie. In een onderzoek naar uitmijn-/verschralingsmogelijkheden in de Krimpenerwaard werd bij een regulier beheer (zonder aanvullende bemesting) met 4 à 5 snedes per jaar een P-afvoer van circa 25 kg/ha/jaar gerealiseerd (in de eerste twee jaar) (van Eekeren et al., 2021). Hoe lang deze afvoer haalbaar blijft, is niet onderzocht. Het is daarom mogelijk dat de berekende verschralingstermijnen in de overzichtstabellen in de praktijk lager uitvallen.

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschraling door middel van een gewas waarvan de productie op peil wordt gehouden door middel van aanvullende bemesting opdat de afvoeren van het doelnutriënt (fosfor) maximaal is. Door middel van het zaaien van grasklaver in combinatie met kalibemesting en een maaibeheer kan fosfaat versneld (40 kg P/ha/jaar: 4x sneller als met maaien en afvoeren) aan de bodem worden onttrokken (Timmermans & van Eekeren, 2012). Klaver houdt met haar stikstofbinding de productie gaande en kalibemesting wordt gebruikt om klaver optimaal te laten groeien. Ook met deze beheersmaatregel duurt het op voormalige landbouwgronden vaak tientallen jaren voordat het gewenste verschralingsniveau is bereikt (van Mullekom e.a., 2013). Het uitmijnen kan versneld worden door het verwijderen van de extreem voedselrijke toplaag.



Figuur 5. Fosfaatafvoer (in kg fosfor per ha per jaar) door uitmijnen met grasklaver (klaver voor het vastleggen van stikstof) en kalibemesting en met grasklaver zonder kalibemesting (start eind 2002). De fosfaatafvoer werd bereikt door het maken van vier tot vijf maaisneden per jaar. Na enkele jaren daalt de afvoer van fosfaat in het deel zonder aanvullende kalibemesting. Stikstof- en kalibronnen zijn nodig voor een hoge fosfaatafvoer. Op de lange termijn is de gemiddelde afvoer bij uitmijnen ongeveer 40 kg fosfor per ha per jaar. Dit komt overeen met circa 90 kg fosforpentoxide (P_2O_5) per ha per jaar. Met jaarlijks eenmalig maaien en afvoeren kan een fosfaatafvoer van ca. 10 kg P per ha per jaar worden bereikt (grijze stippellijn). Bron: Timmermans & van Eekeren (2012; 2016).

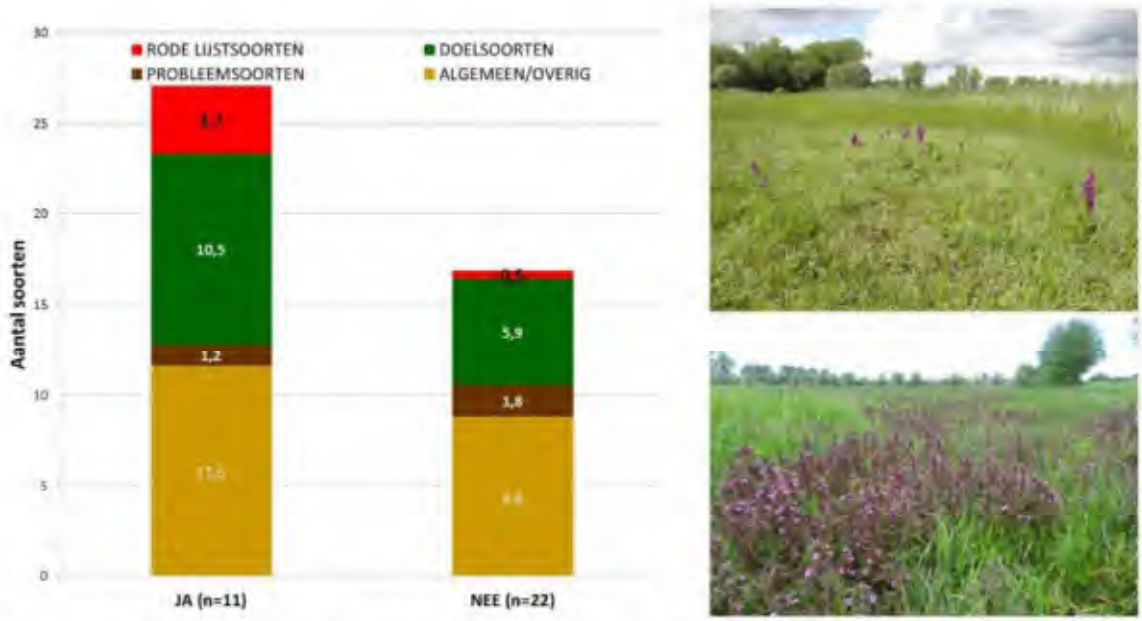
Ontgronden

Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (Smolders e.a., 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het fosfaatfront bepaald worden. Dit komt namelijk niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (Smolders e.a., 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem terecht komen. Door middel van ontgronding kan een snelle verschraling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom e.a., 2007; 2013). Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven echter sterk verstoord (zie o.a. Tsiafouli e.a., 2015; Bobbink e.a., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig, zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgronding van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

2.3 Aanvullend advies

Herintroductie

Na het verwijderen van de P-verrijkte toplaag is het vaak nodig om nog een aantal jaren aanvullend verschralingbeheer te plegen door middel van maaien en afvoeren. Begrazen houdt het terrein wel open maar leidt nauwelijks of niet tot een verdere verschraling van het terrein. Nadat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd is er vaak nog geen sprake van de gewenste vegetatieontwikkeling. Met name de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over. Door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat nitraat werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (van Mullekom e.a., 2009; 2013).



Figuur 6. Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015. Op 33 locaties zijn vegetatieopnames gemaakt in gebieden waar door middel van ontgronding (minimaal 4 jaar geleden) voedselarme condities zijn gecreëerd op voormalige landbouwgronden ten behoeve van schraallandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel (11 locaties) en geen (22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgronding, heeft plaatsgevonden. De soorten zijn verdeeld over vier klassen: Rode Lijstsoorten, Doelsoorten, Probleemsoorten en Algemene/overige soorten. Bron: Onderzoekcentrum B-WARE. Rechts: Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalland met onder ander Moeraskartelblad, Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blauwe knoop, Vetblad, Heidekartelblad, Gevlekte orchis, Welriekende nachtorchis, Brede orchis en Moeraswespenorchis door middel van het afgraven van de voedselrijke toplaag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's: 5.1.2e.

Wanneer plagsel wordt gebruikt voor herintroductie worden tevens mycorrhiza's (schimmels die planten helpen bij de opname van voedingsstoffen op voedselarme gronden) van de doelsoorten en andere essentiële bodem micro-organismen in het gebied geïntroduceerd (Bobbink e.a., 2016). Zonder introductie van doelsoorten is de kans op vestiging van deze soorten te verwaarlozen indien er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska e.a., 2007). Het herintroduceren van doelsoorten (eventueel één of twee opeenvolgende jaren herhalen zolang de

zode nog niet gesloten is) uit zo lokaal mogelijke bronnen (in verband met de genetische diversiteit en de aanpassing aan lokale omstandigheden) leidt onder de juiste bodemchemische en hydrologische omstandigheden tot een succesvol herstel van ontgronde terreinen (Figuur 6).

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel waarbij idealiter 1 m^2 vers verzameld maaisel over 1(-2) m^2 bodem wordt verspreid. Wanneer dit niet mogelijk is, kan het maaisel in een lagere dichtheid of in kleinere over het gebied verspreide zones worden opgebracht. Wanneer vers plagsel of bodemmateriaal (indicatie dichtheid: 1 m^2 verspreiden over 15-25 m^2) uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhiza schimmels) geïntroduceerd.

Het aanbrengen van maaisel of plagsel op een dichte zode is geen geschikte maatregel door het ontbreken van vestigingsplekken. Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.

Opgemerkt dient te worden dat de lokale ontwikkeling van ruigtes op zichzelf niet nadelig is en zelfs kan bijdragen aan de diversiteit van een gebied. Vlinders, sprinkhanen, vogels en kleine zoogdieren kunnen hiervan profiteren.

3. MATERIAAL EN METHODEN

3.1 Veldwerkzaamheden bodemchemisch onderzoek

Monstername

Op 13 september 2022 werden op 21 locaties boringen gezet tot op 100 cm-mv gezet (Figuur 7). De locaties werden in overleg met de opdrachtgever geselecteerd op basis van de perceelverdeling, hoogteverschillen in het landschap en variatie in het bodemtype. De boringen werden verricht met een Edelmanboor en de exacte boorlocaties werden ingemeten met een GPS (Tabel 1). Het bodemprofiel werd beschreven conform NEN 5104 door boormeester 5.1.2e van ATKB (zie Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem). Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en indien waarneembaar in het profiel ook de GHG en GLG (Tabel 1) geschat op basis van hydromorfe kenmerken. Daarnaast werden door Staatsbosbeheer 5 referentiemonsters aangeleverd. Deze zijn op kosten van B-WARE geanalyseerd.

Tabel 1. Overzicht van de monsterdatum, coördinaten, maaiveldhoogte (MVH; m. N.A.P.), landgebruik (MVTYPE), actuele grondwaterstand (GWS; 13 september maart 2022), gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) per locatie. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 7.

LOCATIE	DATUM	X	Y	MVH	MVTYPE	GWS	GHG	GLG
1	13-9-2022	109996	405059	0,243	gras	100	60	150>
2	13-9-2022	109908	405190	0,089	gras	150>	150>	150>
3	13-9-2022	109937	405102	0,011	gras	80	30	80
4	13-9-2022	109585	405176	0,554	akker	95	70	150>
5	13-9-2022	109679	405103	0,725	akker	150>	150>	150>
6	13-9-2022	109772	404979	0,185	akker	80	50	150>
7	13-9-2022	109883	404894	0,548	akker	150>	65	150>
8	13-9-2022	109319	405395	0,157	gras	80	20	80
9	13-9-2022	109413	405436	0,176	gras	90	30	100
10	13-9-2022	109452	405375	0,429	gras	95	55	150>
11	13-9-2022	109547	405412	0,414	gras	95	60	150>
12	13-9-2022	109638	405366	0,258	gras	70	30	150>
13	13-9-2022	109653	405271	0,367	gras	85	40	150>
14	13-9-2022	109748	405238	0,619	gras	150>	70	150>
15	13-9-2022	109778	405139	0,353	gras	150>	150>	150>
16	13-9-2022	109882	405085	0,515	gras	150>	80	150>
17	13-9-2022	109880	404998	0,418	gras	150>	150>	150>
18	13-9-2022	109978	404939	0,353	gras	150>	80	150>
19	13-9-2022	110025	405010	0,356	gras	95	50	150>
20	13-9-2022	110053	404938	0,617	gras	150>	70	150>
21	13-9-2022	110143	404990	0,501	gras	100	60	150>

Tabel 2. Overzicht van de referentiemonsterdatum, coördinaten en opmerkingen. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 7.

LOCATIE	DATUM	X	Y	OPMERKINGEN
REF 1	13-9-2022	110046	405260	Water tot op maaiveld, kwelwater, mooi ontwikkeld
REF 2	13-9-2022	110079	405169	Water na +- 20cm t.o.v. maaiveld, schraal met opslag berk en wilg
REF 3	13-9-2022	109316	405248	Veel berken opslag + mosgroei, grondwater op +- 70 cm t.o.v. maaiveld
REF 4	13-9-2022	109347	405327	Mooi ontwikkeld, wilgen opslag water op 50 cm t.o.v. maaiveld
REF 5	13-9-2022	109445	405249	Mooi ontwikkeld, water op +-60 cm t.o.v. maaiveld

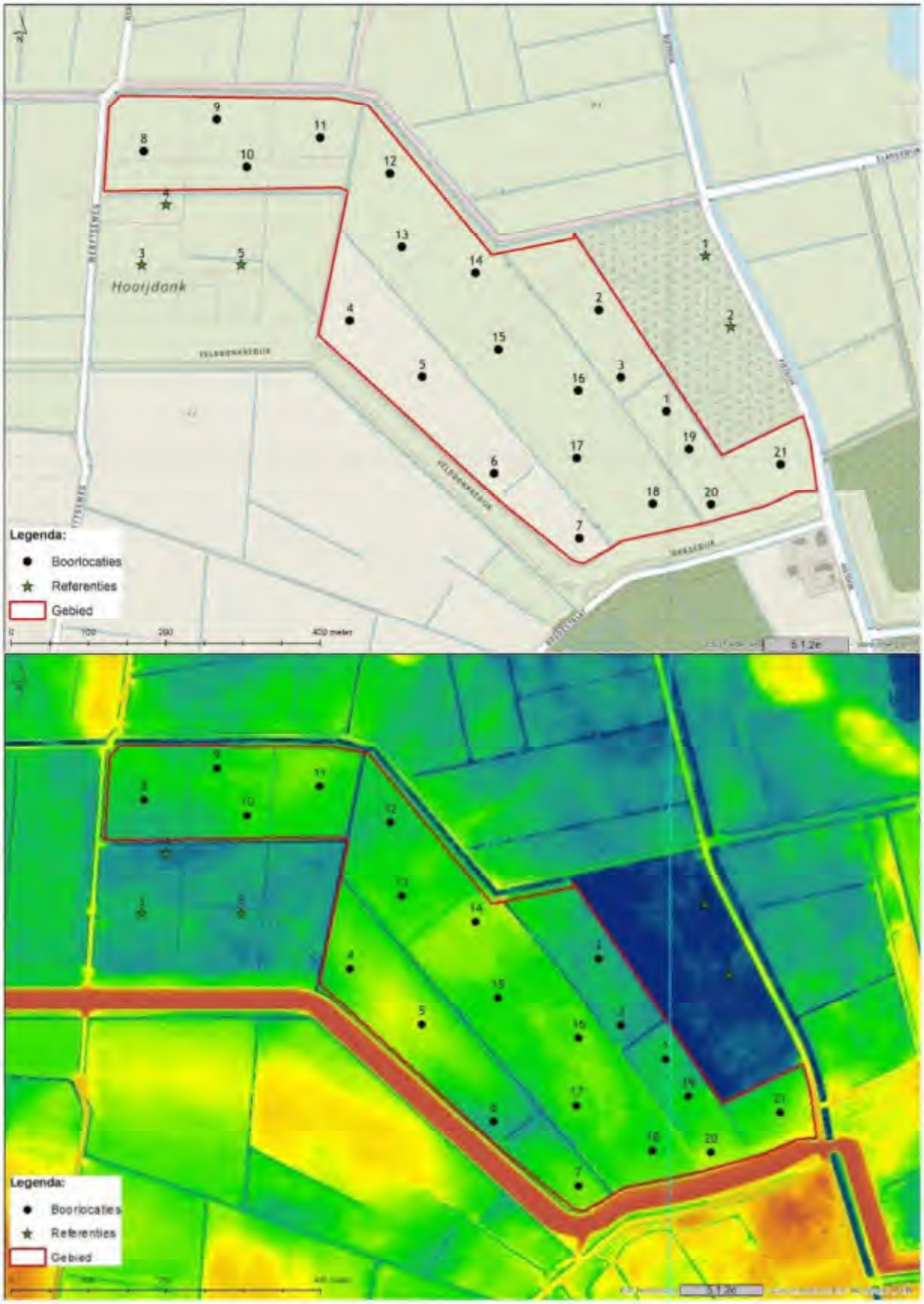
De bemonsteringsstrategie was als volgt:

- Toplaag (0-20 cm-mv);
- Restant bouwvoor;
- 0-10 cm onder de bouwvoor;
- 10-20 cm onder de bouwvoor.

De exacte bemonsteringsdieptes zijn afgestemd op de bodemhorizonten. De reden hiervoor is dan herleidbaar uit de beschrijving van de bodemprofielen.

De bodemmonsters werden vervoerd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. Voor het in kaart brengen van verschralingsduren, ontgrondingsdieptes, natuurpotenties, aanvullende maatregelen en risico's zijn bewerkingen en analyses uitgevoerd (Olsen-extractie en destructie).

In paragraaf 3.2 worden de analysemethoden beschreven.



Figuur 7. Overzicht van de ligging van de bodemmonsterlocaties in het onderzoeksgebied en referentielocaties op een topografische en hoogtekaart.

3.2 Chemische analyse

Bodemmonsters:

Voor de bodemmonsters zijn de volgende variabelen bepaald:

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid (massavolume);
- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);
- pH-zout en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. ammonium, nitraat en calcium;
- oxalaatextractie t.b.v. fosfaatverzadigingsgraad.

Drooggewicht en organisch stofgehalte
Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo af te wegen in aluminiumbakjes. De bakjes werden precies tot aan de rand afgevuld (volume = 40,5 ml), zodat de soortelijke massa van de bodem kan worden bepaald. De bodems werden gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal opnieuw gewogen en werd het vochtverlies berekend. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door via het gloeiverlies bepaald. Hiertoe werd gedroogd bodemmateriaal gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Destructie
Door de bodem en plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega of Ethos Easy) werden geplaatst. De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. Het destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Olsenextractie
Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plantbeschikbaar fosfaat worden bepaald. Hiertoe werd aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Zoutextractie
Met een zoutextractie kunnen de vrij in de bodem zoutuitwisselbare ionen bepaald worden. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2 mol l^{-1} NaCl) gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4 °C tot verdere

analyse. Voor analyse op de auto-analyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

Chemische analyse:

Elementenanalyse (ICP en auto-analysers)
De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ARCOS MV of GREEN DUO, Spectro, Kleve, Duitsland). De concentraties nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl^-) werd colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

4. ABIOTIEK REFERENTIELOCATIES EN BEOOGDE NATUURTYPEN

In dit hoofdstuk worden de bodemchemische condities op de referentielocaties beknopt toegelicht. Deze bodemmonsters dienen als een lokale referentie voor de interpretatie van de bodemchemische analyses van de om te vormen voormalige landbouwgronden.

4.1 Abiotische referentiedata beoogde natuurbeheertypen

Natte heide, vochtig-nat heischraal grasland, blauwgrasland en dotterbloemhooiland

Voor de ontwikkeling van soortenrijke vochtige tot natte natuurtypen worden de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (de totaal-P concentratie kan sterk variëren afhankelijk van de ijzer- en calciumconcentraties en/of de kleiigheid van de bodem):

- Natte heide: <(300-)500 µmol/l bodem (totaal-P veelal < 2,5-3,0 mmol/l);
- Heischraal grasland/kleine zeggenvegetatie: 100-400 µmol/l bodem (Ca-z 4.000-10.000 µmol/l);
- Blauwgrasland: 200-500 µmol/l bodem (Ca-z 10.000-30.000 µmol/l);
- Vochtig hooiland: 300-800/900 µmol/l bodem; (Ca-z 10.000-50.000 µmol/l); veelal (zeer) ijzerrijk.

De kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de Olsen-P en totaal-P concentraties in de bodem (zie Hoofdstuk 2).

Figuur 8. Foto van een vochtig heischraal grasland (foto: 5.1.2e) en dotterbloemhooiland (foto: 5.1.2e).

Het bodemtype en de totale ijzer- en calciumconcentraties van de bodem zijn vooral relevant met het oog op de potentiële natuurbeheer-/habitattypen. Op calciumarme bodems (tot-Ca <10 mmol/l) ligt de ontwikkeling van natte heide voor de hand. Om de ontwikkeling van nat schraalland (N10.01) en vochtig hooiland (N10.02) mogelijk te maken dient de bodem voldoende gebufferd te zijn. Soortenrijke vochtige heischrale graslanden (N10.01) komen over het algemeen voor bij Ca-z concentraties van 4.000-10.000 µmol/l en Olsen-P concentraties van 150-400 µmol/l. Onder zeer natte condities kan een kleine zeggenvegetatie tot ontwikkeling komen. Bij concentraties van circa 10.000-25.000 µmol/l (Ca-t veelal >20 mmol/l) en Olsen-P concentraties van 200-500 µmol/l kan een blauwgrasland worden ontwikkeld onder de juiste hydrologische omstandigheden (GRIP database B-WARE). Op gebufferde, ijzerrijke bodems kan onder vochtige tot natte omstandigheden een dotterbloemhooiland (of Elzenbroekbos) tot ontwikkeling komen (onder droge omstandigheden een kamgrasweide/glanshaverhooiland; onder zeer natte omstandigheden trilveen).

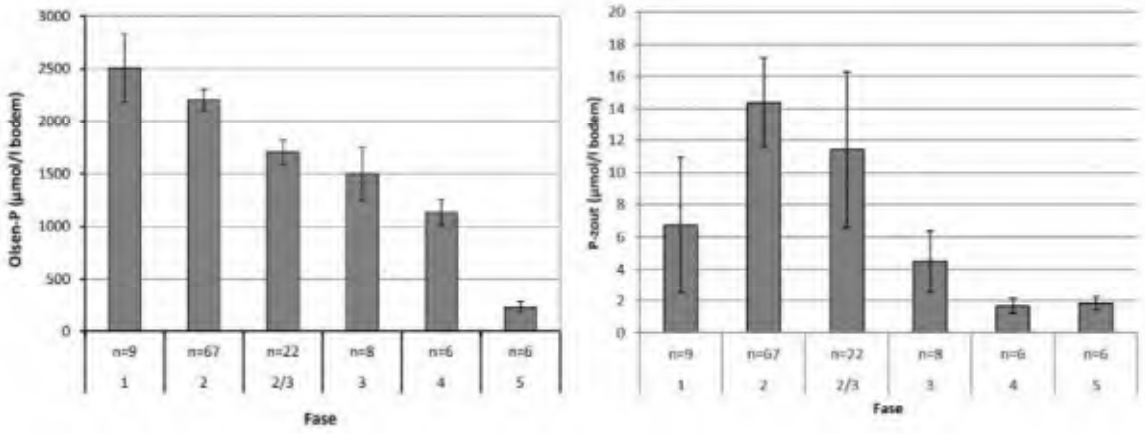
Voor de ontwikkeling van blauwgrasland en vochtig hooiland is niet alleen de buffering van belang maar ook de grondwaterstanden. Alleen als er voldoende grondwaterinvloed in maaiveld is zijn deze vegetaties mogelijk. Voor vochtig heischraal grasland kan aanrijking van de wortelzone met grondwater via capillaire opstijging ook al voldoende zijn. De periode waarin grondwater in de wortelzone uittreedt bepaalt in combinatie met de mate van buffering met het grondwater en de zuurproductie als gevolg droogval van de toplaag in de zomerperiode en verzurende (stikstof)depositie of bodems voldoende gebufferd blijven of (langzaam) verzuren.

Wanneer na een eventuele ontgronding aanvullend verschralingsbeheer vereist is duidt dit erop dat de bodem na ontgronding nog niet voldoende P-arm is voor de beoogde ontwikkeling. Een aanvullend verschralingsbeheer biedt hier wel mogelijkheden om de gewenste P-concentraties binnen redelijke termijn te realiseren. Dit brengt echter ook risico's met zich mee. Onder licht/matig voedselrijke, vochtige tot natte omstandigheden kan de eerste jaren (wanneer aanvullende verschraling vereist is of wanneer voedselrijke toplagen worden vernat) verruiging met bijvoorbeeld pitrus optreden die een belemmering kan vormen voor de beoogde ontwikkeling. Overigens is de pitrus op beperkt verrijkte bodems veelal ijler in vergelijking met voedselrijke bodems. Het is de vraag of dit risico wordt genomen of dat 10 cm extra wordt afgegraven waardoor de ontwikkeling van de doelvegetatie meteen kan gaan plaatsvinden en het risico op pitrusontwikkeling wordt beperkt.

Figuur 9. Pitrusontwikkeling op percelen die na inrichting nog beperkt tot matig verruigd zijn met fosfaat. Aanvullend verschralingsbeheer biedt hier wel perspectief. Door voldoende P-gelimiteerde omstandigheden te creëren en maaisel uit een referentiegebied op te brengen kan dit worden voorkomen. Foto's: 5.1.2e en 5.1.2e.

Kruiden- en faunarijk grasland

Uit onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden (N12.02) ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (<900-1200/1500 µmol/l; Figuur 14). Dit is slechts een indicatieve streefwaarde: 'kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet.



Figuur 10. Olsen-P (links) en P-z (rechts) concentratie in µmol/l bodem van graslandpercelen in Overijssel ingedeeld per graslandfase naar Schippers e.a. (2012). Verklaring graslandfasen (van voedselrijk naar schraal): fase 1 = raaigraslanden, fase 2 = witbolgraslanden, fase 3 = gras-kruidenmix, fase 4 = kruidenrijk grasland en fase 5 = heischraal grasland. Bron: Scherpenisse e.a. (2017).

Figuur 11. Foto's van een goed ontwikkeld droog (links; Winterswijk) en vochtig (rechts; Doetinchem) kruiden- en faunarijk grasland. Foto's: 5.1.2e .

De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de meest labiele P-fractie voldoende laag is (P-z < 1-2 µmol/l) en ook de nitraatconcentratie laag is (<100-200 µmol/l).

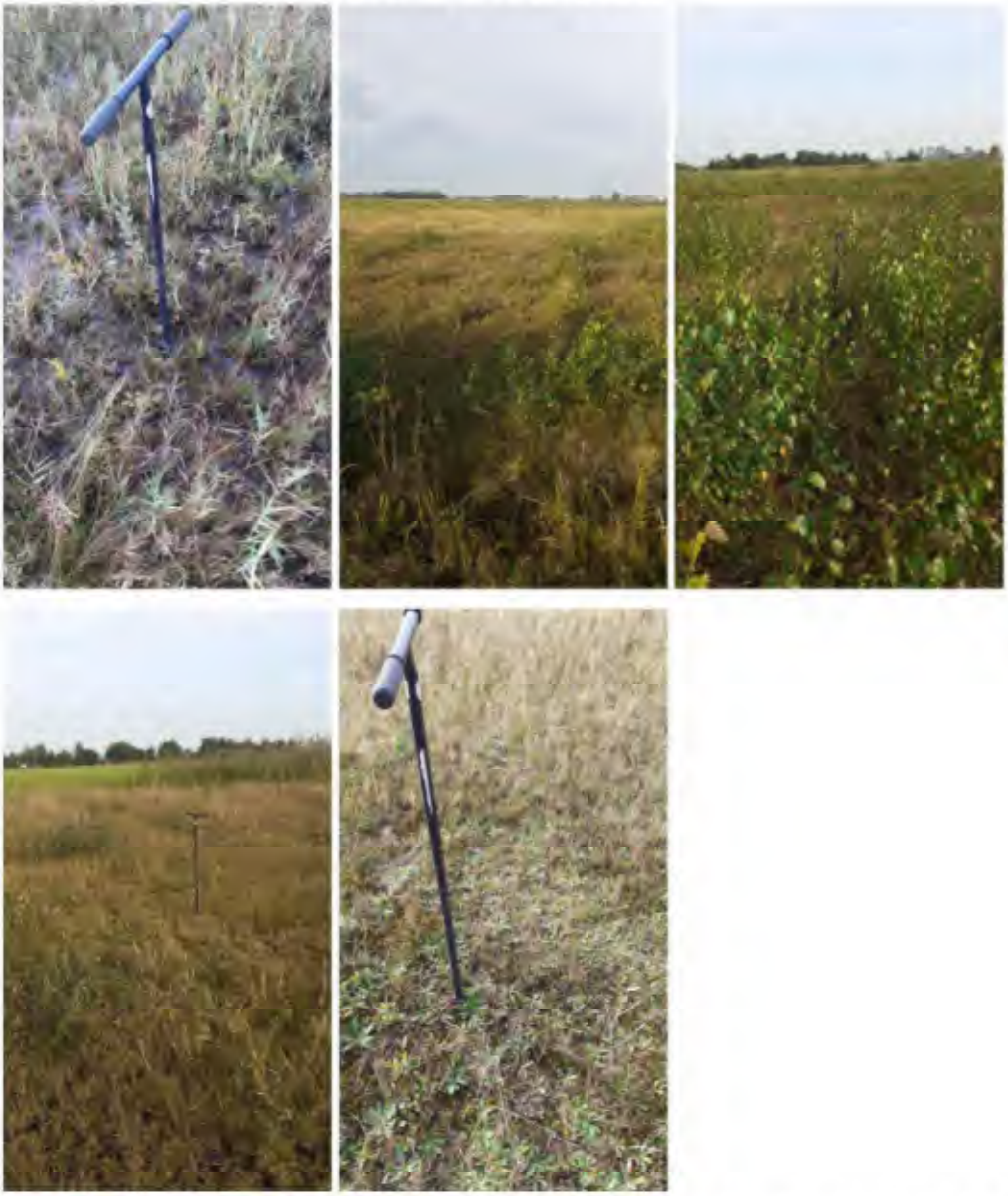
Om op voedselrijkere gronden de dominantie van witbol te doorbreken, wordt geadviseerd witbol vroeg af te maaien, bijvoorbeeld in mei. Deze grassen bloeien namelijk voordat de zomerkruiden gaan bloeien. Op deze manier wordt gestreepte witbol actief teruggedrongen ten gunste van later bloeiende kruidachtigen. Goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden worden vaak laat in de zomer (augustus/september) gemaaid.

Overigens kunnen er op droge, voedselrijkere zandgronden ook kruidenrijkere graslanden tot ontwikkeling komen als gevolg van droogtestress en/of lage concentraties organische stof (eventueel in combinatie met tijdelijk akkerbeheer) (Dorland e.a., 2020; Eichhorn e.a., 2020). In het onderzoeksgebied zijn/worden de bodems waarschijnlijk te vochtig voor een dergelijke ontwikkeling (afhankelijk van de beoogde vernattingsmaatregelen).

Bureau Natuurbalans (contactpersoon: 5.1.2e) heeft de laatste jaren goede resultaten ondervonden met de ontwikkeling van glanshaverhooiland en kruiden- en faunarijkgrasland door middel van chopperen en gericht inzaaien op P-rijkere gronden. Door te chopperen wordt de dichte, soortenarme graszode verwijdert en ruimte gecreëerd voor de kieming van de doelsoorten. Na het chopperen wordt gericht zaadmengsel (bestaande uit zowel inheemse grassen als kruiden van

Biodivers) van glanshaverhooiland of kruiden- en faunarijkgrasland opgebracht. Deze methode bevindt zich echter nog wel in de experimentele fase, het is nog niet duidelijk of de ontwikkelde vegetaties zich op de lange termijn standhouden en waarom het op sommige gronden wel en niet werkt (mogelijk speelt stikstoflimitatie een rol).

4.2 Resultaten referentiemetingen Vierde Bergboezem



Figuur 12. Foto's van de referentielocaties (1-5; van links naar rechts). Voor toelichting zie Tabel 2. Foto's: Staatsbosbeheer.

In Tabel 3 staan de resultaten van de bodemchemische analyses op de referentielocaties 1-5 vermeld. Zie Figuur 12 voor een impressie van de referentielocaties.

Tabel 3. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de referentielocaties bij Vierde Bergboezem. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l, M5 = berekende verschralingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 500 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<150	<20	<4000	<40				voldoende P-arm
6-10	151-250	21-50	4001-10000	41-100	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	51-100	10001-20000	101-250	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	101-150	20001-35000	251-500	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	150-250	35001-50000	501-800				matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		>250	>50000	>800	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Nr	Diepte	OS	V	MV	P-O	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	S/MgCa	M5
Ref1	0-15	1	21	1,5	117	1,0	0,11	156	16	95	108	2	14	4	0,15	0
Ref2	0-15	4	19	1,3	104	1,4	0,07	88	35	34	49	0	9	5	0,12	0
Ref3	0-15	3	13	1,1	268	4,2	0,06	132	12	26	9	2	7	5	0,25	0
Ref4	0-15	5	26	1,2	406	2,8	0,14	139	58	39	34	3	14	7	0,10	0
Ref5	0-15	1	15	1,3	182	4,8	0,04	150	12	51	13	4	16	4	0,15	0

De referentiemonsters zijn door Staatsbosbeheer verzameld op goed ontwikkelde locaties waar de voedselrijke toplaag reeds is afgegraven. Op alle locaties is de bodem voedselarm: de totaal-P concentratie varieert van 1,0-4,2 mmol/l en de Olsen-P concentratie van 104-406 µmol/l. De bodem op de referentielocaties 1, 3 en 5 is geschikt voor de ontwikkeling van kleine zeggenvegetaties/veldrusschraalland onder zeer natte condities of heischraalgrasland (zie ook Tabel 2 en Figuur 12). De bodem op deze locaties is zwak-matig calciumhoudend en zwak-matig tot matig ijzerhoudend (Ca-t: 12-16 mmol/l; Fe-t: 26-95 mmol/l). De bodem op de referentielocaties 2 en 4 zijn is onder de juiste hydrologische condities geschikt voor de ontwikkeling van blauwgrasland. Op deze locaties in de bodem goed gebufferd: Ca-t 35-58 mmol/l.

5. RESULTATEN BODEMCHEMISCH ONDERZOEK

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodemchemisch onderzoek beschreven. In 5.2 wordt het bodemtype en de bodemopbouw gepresenteerd en in paragraaf 5.3 komen de grondwaterstanden aan bod. In paragraaf 5.4 worden de kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur per locatie besproken en welke maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. Ten slotte worden enkele algemene aandachtpunten bij natuurontwikkeling gegeven.

5.2 Bodemtype

De bodem in het onderzoeksgebied Vierde Bergboezem bestaat voornamelijk uit zandige klei en humeus zand (Tabel 1). Lokaal is veen in de bodem gevonden (locatie 8). De dikte van de bouwvoor varieert van circa 20-55, maar is overwegend 35 cm. Onder de bouwvoor is veelal een B of BC-horizont te vinden, overwegend bestaande uit zand. De C-horizont wordt op de meeste locaties aangetroffen op circa 45-50 cm-mv, maar op een aantal locaties nog dieper. Bij de adviezen per locatie zal worden beschreven tot op welke diepte de bodem verrijkt is met fosfaat en of verschralingsbeheer kansen biedt. Zie Bijlage 1 voor de gedetailleerde profielbeschrijvingen per locatie.

5.3 Grondwaterstanden

Welke natuurbeheertypen zich daadwerkelijk in het gebied kunnen ontwikkelen is onder andere afhankelijk van de voedselrijkdom van de bodem, de mate van buffering van de bodem, het bodemtype en de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater.

De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) varieert tussen 80->150 cm-mv. De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) ligt op de wat lager gelegen delen van de percelen tussen 20-40 cm-mv (locaties 2, 3, 8, 9, 12 en 13). Op de hoger gelegen locaties (1, 4, 6, 7, 10, 11, 14, 16-21), varieert de GHG van 50-80 cm-mv. Zie Tabel 1. Op locaties waar ontgrond zal worden zal uiteraard het maaiveld dalen waardoor de relatieve grondwaterstanden t.o.v. maaiveld al hoger komen te liggen. Voor de ontwikkeling van natte natuurtypen als nat schraalland en vochtig hooiland is het belangrijk dat er grondwaterinvloed in maaiveld is tussen circa oktober en maart en dient te toplaag beperkt (40 tot maximaal 80 cm) droog te vallen in de zomerperiode. In de natte periode is het belangrijk dat er voldoende doorstroming plaatsvindt en geen opstuwing van uittredend grondwater en regenwater plaatsvindt. Het hydrologische aspect maakt geen onderdeel uit van het onderzoek.

5.4 Kansen voor natuurontwikkeling per locatie

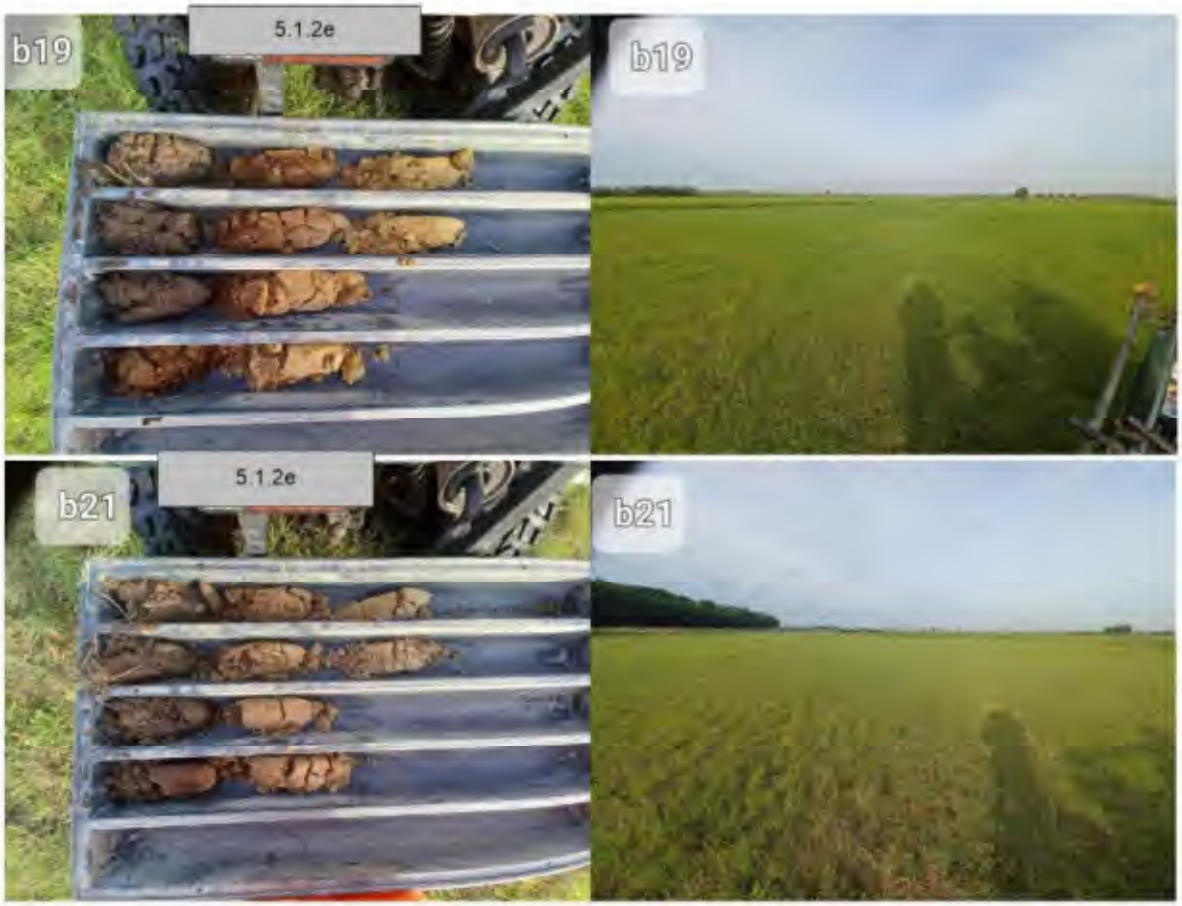
Doel van het huidige onderzoek is om de kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur op een aantal (voormalige) agrarische percelen te bepalen. De kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de Olsen-P en totaal-P concentraties in de bodem (zie Hoofdstuk 2). Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen worden de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd:

- Natte heide: <(300-)500 µmol/l bodem (totaal-P veelal < 2,5-3,0 mmol/l);
- Heischraal grasland/kleine zeggenvegetatie: 100-400 µmol/l bodem (Ca-z 4.000-10.000 µmol/l);
- Blauwgrasland: 200-500 µmol/l bodem (Ca-z 10.000-30.000 µmol/l);
- Vochtig hooiland: 300-800/900 µmol/l bodem; (Ca-z 10.000-50.000 µmol/l); veelal (zeer) ijzerrijk;
- Vochtig kruiden- en faunarijk grasland: 900-1500 µmol/l bodem.

In deze paragraaf worden per deelgebied en per locatie de belangrijkste bodemchemische variabelen kort toegelicht. Per locatie worden de potenties en geschikte maatregelen beschreven. Het opstellen van een inrichtingsplan maakt geen onderdeel uit van deze opdracht, evenals de toetsing of een eventuele ontgronding past binnen het (ecohydrologische) systeem.

Het is aan de opdrachtgever om uiteindelijk te kiezen welke maatregelen passen binnen het op te stellen inrichtingsplan en welke keuzes per locatie worden gemaakt. Het doel van dit onderzoek is om de potenties en vereiste maatregelen in kaart te brengen zodat vervolgens weloverwogen keuzes kunnen worden gemaakt: gaat men voor de ontwikkeling van voedselarme natuurtypen als blauwgrasland of vindt men de vereiste maatregelen te ingrijpend en zet men in op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland op de huidige toplaag? Wanneer keuzes moeten worden gemaakt heeft het de voorkeur om een kleiner oppervlak goed in te richten dan op een groter oppervlak voor 'half werk' te kiezen. Dit laatste levert over het algemeen vooral teleurstellingen op (verruiging, noodzaak voor aanvullende beheer, etc.) en is uiteindelijk zonde van de inspanningen, gemaakte kosten en slecht voor het draagvlak in de omgeving.

DEELGEBIED I (locatie 1, 19-21)



Figuur 13. Impressie van de locaties in deelgebied I (boven: locatie 19; onder: locatie 21). De bodems (links) zijn uitgelegd per 40 cm (kolom van boven naar beneden) tot een diepte van 150 cm-mv: linksboven ligt 0-10 cm, linksonder 30-40 cm, rechtsboven 120-130 cm-mv. Foto's: 5.1.2e

Tabel 4. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied I. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem, Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l). M5/M8/M12 = berekende verschralingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 500/800/1200 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l) bij een P-afvoer van 10 kg P/ha/jr. Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<150	<20	<4000	<20	[illegible]	[illegible]	[illegible]	voldoende P-arm
6-10	151-250	21-50	4001-10000	21-50	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	51-100	10001-20000	51-100	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	101-150	20001-35000	101-150	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	150-250	35001-50000	151-300	[illegible]	[illegible]	[illegible]	matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		>250	>50000	>300	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	S/MgCa	M5	M8	M12
1	0-20	Klei, matig humeus, bv	AP	4	15	1,1	657	9,2	0,07	220	50	237	31	16	34	5	0,06	14	0	0
	20-30	Klei, matig humeus, bv	AP	4	15	1,3	679	10,7	0,06	277	62	284	32	20	43	6	0,06	9	0	0
	30-40	Zand	BC	1	12	1,5	208	3,3	0,06	216	30	120	45	8	18	1	0,03	[illegible]	0	0
	40-50	Zand	BC	1	9	1,5	236	2,5	0,09	156	18	90	43	9	14	0	0,00	[illegible]	0	0
19	0-20	Klei, matig humeus, bv	AP	5	17	1,1	623	12,3	0,05	340	64	271	27	26	49	8	0,07	15	0	0
	20-30	Klei, matig humeus, bv	AP	5	17	1,1	793	12,2	0,07	336	65	308	31	25	49	8	0,07	14	0	0
	30-45	Zand	B	3	13	1,2	289	3,8	0,08	230	29	78	28	9	17	3	0,07	[illegible]	0	0
	45-55	Zand	BC	1	8	1,3	100	1,2	0,08	117	9	40	41	7	11	0	0,02	[illegible]	0	0
20	0-20	Klei, matig humeus, bv	AP	5	11	1,0	2018	16,1	0,13	275	26	268	18	19	40	7	0,10	76	61	41
	20-40	Klei, matig humeus, bv	AP	5	12	1,0	1791	16,2	0,11	338	28	204	14	28	49	7	0,09	73	56	33
	40-50	Klei, matig humeus, bv	AP	4	12	1,0	1279	11,2	0,11	273	22	188	19	20	34	6	0,11	21	13	2
	50-60	Zand	B	2	9	1,2	351	3,0	0,12	167	11	29	14	10	13	3	0,11	[illegible]	0	0
21	0-20	Klei, matig humeus, bv	AP	5	15	1,1	1506	15,3	0,10	340	31	428	30	27	52	8	0,10	64	45	19
	20-35	Klei, matig humeus, bv	AP	4	14	1,1	1187	13,3	0,09	289	30	253	21	19	45	8	0,10	36	20	0
	35-50	Zand	B	2	12	1,3	243	3,9	0,06	262	18	84	26	6	20	5	0,12	[illegible]	0	0
	50-60	Zand	C	1	11	1,4	142	2,0	0,07	191	11	59	35	5	19	2	0,08	[illegible]	0	0

Locatie 1 (GHG: 60 cm-mv GLG: 150> cm-mv)

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is sterk calciumhoudend en ijzerhoudend (Ca-t: 50-62 mmol/l, Fe-t: 237-284 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 657-679 µmol/l, P-t: 9,2-10,7 mmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland (huidige GHG is nog te laag) op de toplaag. Geadviseerd wordt de zode te plaggen of te chopperen (mits soortenarm) en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren. Indien gekozen wordt voor het afgraven van de bouwvoor van 30 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 208 µmol/l; P-t: 3,3 mmol/l; Ca-t: 30 mmol/l).

Advies 1: Inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag (huidige GHG is nog te laag). *Geadviseerd wordt de zode te plaggen of te chopperen (mits soortenarm) en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren.*

Advies 2: Bouwvoor (30 cm) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-t: 30 mmol/l).

Locatie 19 (GHG: 50 cm-mv GLG: 150> cm-mv)

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is sterk calciumhoudend en ijzerhoudend (Ca-t: 64-65 mmol/l, Fe-t: 271-308 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 623-793 µmol/l, P-t: 12,2-12,3 mmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland op de toplaag (huidige GHG is nog te laag). Geadviseerd wordt de zode te plaggen of te chopperen (mits soortenarm) en maaisel

van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren. Indien gekozen wordt voor het afgraven van de bouwvoor van 30 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 289 µmol/l; P-t: 3,8 mmol/l; Ca-t: 29 mmol/l).

Advies 1: Inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag (huidige GHG is nog te laag). Geadviseerd wordt de zode te plaggen of te chopperen (mits soortenarm) en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren.

Advies 2: Bouwvoor (30 cm) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-t: 29 mmol/l).

Locatie 20 (GHG: 70 cm-mv GLG: 150> cm-mv)

De bouwvoor (0-50 cm-mv) is matig calciumhoudend en sterk ijzerhoudend (Ca-t: 26-28 mmol/l, Fe-t: 204-268 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1791-2018 µmol/l, P-t: 16,1-16,2 mmol/l). Het fosfaat zit tot diep in de bodem. Geadviseerd wordt het ambitieniveau aan te passen en te richten op het ontwikkelen van een droog kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag, waarbij (indien kruidachtigen ontbreken) geadviseerd wordt om intensief (de eerste jaren, zolang de productiviteit hoog is) te maaien en afvoeren of te chopperen, waarna maaisel uit een referentieterrein of een gericht zaadmengsel (bestaande uit zowel inheemse grassen als kruiden van Biodivers) van kruiden- en faunarijkgrasland wordt opgebracht. Bureau Natuurbalans (contactpersoon: 5.1.2e) heeft de laatste jaren goede resultaten ondervonden met de ontwikkeling van kruiden- en faunarijkgrasland door middel van chopperen en gericht inzaaien op P-rijkere, droge gronden (dan speelt de M12 verschralingsduur minder een rol; dit in tegenstelling tot op vochtige percelen). Waarschijnlijk speelt droogtestress en/of N-limitatie (<25-50 µmol/l nitraat) een rol. Wanneer gestreepte witbol domineert wordt geadviseerd vroeg (in mei) te maaien. Zie ook paragraaf 4.1.

Advies: Ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van de toplaag door te maaien en afvoeren of chopperen (mits kruidachtigen ontbreken) en maaisel uit een referentieterrein opbrengen of inzaaien van gericht zaadmengsel (kruiden- en faunarijkgrasland).

Locatie 21 (GHG: 60 cm-mv GLG: 150> cm-mv)

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is matig calciumhoudend en sterk ijzerhoudend (Ca-t: 30-31 mmol/l, Fe-t: 253-428 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1187-1506 µmol/l, P-t: 13,3-15,3 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 35 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heischraalgrasland/blauwgrasland (Olsen-P: 243 µmol/l; P-t: 3,9 mmol/l; Ca-t: 18 mmol/l).

Advies: Bouwvoor (35 cm) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van heischraalgrasland/blauwgrasland (Ca-t: 18 mmol/l).

Synthese: Geadviseerd wordt de zode te plaggen of te chopperen (mits soortenarm) en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland (locaties 1 en 19) of kruiden- en faunarijk grasland (locatie 20) te stimuleren. Ook kan op locaties 1, 19 en 21 gekozen worden voor het afgraven van de bouwvoor (30-35 cm) t.b.v. de ontwikkeling van heischraal grasland/blauwgrasland. Wanneer op locatie 20 ook 30-35 cm wordt afgegraven zal hier een wat productievere vegetatie tot ontwikkeling komen (vochtig kruidenrijk grasland), mogelijk met wat verruiging.

DEELGEBIED II (locatie 2 en 3)

Figuur 14. Impressie van de locaties in deelgebied II (boven: locatie 2; onder: locatie 3). De bodems (links) zijn uitgelegd per 40 cm (kolom van boven naar beneden) tot een diepte van 150 cm-mv: linksboven ligt 0-10 cm, linksonder 30-40 cm, rechtsboven 120-130 cm-mv. Foto's: 5.1.2e

Tabel 5. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied II. Voor de afkortingen en kleurarceringen zie Tabel 6.

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	S/MgCa	M5	M8	M12
2	0-20	Klei, matig humeus, bv	AP	6	17	1,1	816	9,0	0,09	324	54	323	42	25	55	10	0,09	22	1	0
	20-40	Klei, matig humeus, bv	AP	6	24	1,2	662	10,3	0,06	422	79	366	43	37	75	13	0,09	16	0	0
	40-60	Klei, omg	AC	3	20	1,3	591	5,1	0,12	157	26	117	28	11	20	15	0,33	5	0	0
	60-70	Zand	C	1	15	1,4	267	2,9	0,09	106	13	104	40	8	13	30	1,14	3	0	0
3	0-20	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	10	23	0,9	1089	15,4	0,07	432	66	405	31	36	75	17	0,12	52	26	0
	20-40	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	10	28	1,0	1086	15,5	0,07	471	81	421	32	38	86	19	0,11	52	26	0
	40-60	Klei, sterk siltig	A	11	32	1,0	855	15,5	0,06	514	84	388	31	42	92	30	0,17	40	6	0
	60-70	Zand	C	1	16	1,4	421	2,5	0,17	214	20	130	60	10	23	20	0,47	3	0	0

Locatie 2 (GHG: 150> cm-mv GLG: 150> cm-mv)

De bouwvoor (0-40 cm-mv) is sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 54-79 mmol/l, Fe-t: 323-366 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 662-816 µmol/l, P-t: 9,0-10,3 mmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland op de toplaag. Geadviseerd wordt de zode te plaggen of te chopperen (mits soortenarm) en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren. Indien gekozen wordt voor het afgraven van de bouwvoor van 40 cm en een aanvullend verschralingsbeheer van circa 5 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 591 µmol/l; P-t: 5,1 mmol/l; Ca-t: 26 mmol/l).

Advies 1: Inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag. Geadviseerd wordt de zode te plaggen of te chopperen (mits soortenarm) en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren.

Advies 2: Bouwvoor (40 cm) afgraven met een aanvullend verschralingsbeheer van circa 5 jaar t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-t: 26 mmol/l).

Locatie 3 (GHG: 30 cm-mv GLG: 80 cm-mv)

De bouwvoor (0-40 cm-mv) is sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 66-81 mmol/l, Fe-t: 405-421 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1086-1089 µmol/l, P-t: 15,4-15,5 mmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van een vochtig kruidenrijk grasland. Indien op de toplaag een verschralingsbeheer van circa 33 jaar wordt uitgevoerd, is de bodem geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland. Ook kan gekozen worden voor het afgraven van de bouwvoor van 40 cm en een aanvullend verschralingsbeheer van circa 6 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van vochtig hooiland (Olsen-P: 855 µmol/l; P-t: 15,5 mmol/l; Ca-t: 84 mmol/l).

Advies 1: Inzetten op de ontwikkeling van een vochtig kruidenrijk grasland en uiteindelijk een vochtig hooiland op de toplaag door middel van een verschralingsbeheer van circa 33 jaar.

Advies 2: Bouwvoor (40 cm) afgraven met een aanvullend verschralingsbeheer van circa 6 jaar t.b.v. de ontwikkeling van vochtig hooiland (Ca-t: 84 mmol/l).

Synthese: Op beide locaties in deelgebied II kan gekozen worden voor inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag. Op locatie 3 is wel een aanvullend verschralingsbeheer van circa 33 jaar nodig (in eerste instantie vochtig kruidenrijk grasland). Ook kan gekozen worden voor het afgraven van de bouwvoor (40 cm) afgraven met een aanvullend verschralingsbeheer van circa 5-6 jaar t.b.v. de ontwikkeling van vochtig hooiland (locatie 3) of blauwgrasland (locatie 2).

DEELGEBIED III (locatie 4-7)

Figuur 15. Impressie van de locaties in deelgebied III (boven: locatie 4; onder: locatie 6). De bodems (links) zijn uitgelegd per 40 cm (kolom van boven naar beneden) tot een diepte van 150 cm-mv: linksboven ligt 0-10 cm, linksonder 30-40 cm, rechtsboven 120-130 cm-mv. Foto's: 5.1.2e.

Tabel 6. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied II. Voor de afkortingen en kleurarceringen zie Tabel 6.

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	S/MgCa	M5	M8	M12
4	0-20	Klei, matig humeus, bv	AP	7	20	1,0	2428	20,1	0,12	324	41	299	17	32	62	12	0,12	108	84	63
	20-30	Klei, matig humeus, bv	AP	6	21	1,2	2530	20,7	0,12	437	43	337	18	44	81	12	0,10	52	44	34
	30-45	Klei, matig siltig en humeus	A	8	28	1,1	818	14,3	0,06	649	101	516	43	56	129	14	0,06	26	1	0
	45-55	Zand	B	3	18	1,4	356	5,0	0,07	390	50	139	38	20	51	9	0,09	3	0	0
5	0-20	Zand, matig humeus, bv	AP	4	8	1,1	2533	14,3	0,18	250	12	144	11	21	36	6	0,13	71	61	47
	20-30	Zand, matig humeus, bv	AP	4	8	1,2	2976	14,9	0,20	273	13	155	11	24	40	7	0,13	37	34	28
	30-40	Zand	BC	1	7	1,3	698	3,4	0,20	160	6	52	17	11	16	3	0,11	1	0	0
	40-50	Zand	BC	1	7	1,4	434	2,3	0,19	142	5	39	19	8	14	2	0,10	1	0	0
6	0-20	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	10	26	1,2	1356	24,4	0,06	514	105	442	22	45	98	25	0,12	96	63	18
	20-35	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	9	27	1,2	1443	20,5	0,07	427	93	388	23	43	89	22	0,12	63	43	16
	35-45	Zand	BC	4	18	1,4	590	5,8	0,10	214	33	120	26	13	27	8	0,13	3	0	0
	45-55	Zand	C	1	15	1,4	111	1,4	0,08	122	12	56	47	5	13	2	0,07	1	0	0
7	0-20	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	19	1,4	4258	29,0	0,15	352	45	273	11	31	61	15	0,14	168	147	130
	20-35	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	17	1,3	1707	15,7	0,11	367	43	289	21	33	66	8	0,08	52	39	22
	35-45	Zand	BC	1	10	1,5	513	4,3	0,12	184	16	83	23	11	22	4	0,09	1	0	0
	45-55	Zand	BC	0	11	1,5	207	1,7	0,12	144	11	47	33	9	15	1	0,05	1	0	0

Locatie 4 (GHG: 70 cm-mv GLG: 150> cm-mv)

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 41-43 mmol/l, Fe-t: 299-337 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2428-2530 µmol/l, P-t: 15,4-15,5 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 30 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van vochtig hooiland (Olsen-P: 818 µmol/l; P-t: 14,3 mmol/l; Ca-t: 101 mmol/l; huidige GHG is nog wat laag).

Advies: Bouwvoor (30 cm) afgraven met een aanvullend verschralingsbeheer van circa 1 jaar t.b.v. de ontwikkeling van vochtig hooiland (Ca-t: 101 mmol/l); huidige GHG is nog wat laag.

Locatie 5 (GHG: 150> cm-mv GLG: 150> cm-mv)

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is zwak-matig calciumhoudend en sterk ijzerhoudend (Ca-t: 12-13 mmol/l, Fe-t: 144-155 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2533-2976 µmol/l, P-t: 14,3-14,9 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 30 cm en een beperkt aanvullend verschralingsbeheer is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van vochtige heide (Olsen-P: 698 µmol/l; P-t: 3,4 mmol/l; Ca-t: 6 mmol/l). Op 40 cm diepte is de bodem voedselarmer en het risico op verruiging kleiner.

Advies: Bouwvoor (30 cm) of bouwvoor + 10 cm (40 cm) afgraven met een aanvullend verschralingsbeheer van circa 1 jaar t.b.v. de ontwikkeling van heide (Ca-t: 6 mmol/l).

Locatie 6 (GHG: 50 cm-mv GLG: 150> cm-mv)

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is zeer sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 93-105 mmol/l, Fe-t: 388-442 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1443-1356 µmol/l, P-t: 20,5-24,4 mmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van een vochtig kruidenrijk grasland (inzaaien vereist). Na afgraven van de bouwvoor van 35 cm en een aanvullend verschralingsbeheer van circa 3 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 590 µmol/l; P-t: 5,8 mmol/l; Ca-t: 33 mmol/l).

Advies: Bouwvoor (35 cm) afgraven met een aanvullend verschralingsbeheer van circa 1 jaar t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-t: 33 mmol/l).

Locatie 7 (GHG: 65 cm-mv GLG: 150> cm-mv)

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en sterk ijzerhoudend (Ca-t: 43-45 mmol/l, Fe-t: 273-289 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1707-4258 µmol/l, P-t: 15,7-29,0 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 35 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heischraalgrasland/blauwgrasland (Olsen-P: 513 µmol/l; P-t: 4,3 mmol/l; Ca-t: 16 mmol/l).

Advies: Bouwvoor (35 cm) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van heischraalgrasland/blauwgrasland (Ca-t: 16 mmol/l).

Synthese: Op alle locaties in deelgebied III wordt geadviseerd om de bouwvoor (30-35 cm) af te graven met lokaal een beperkt aanvullend verschralingsbeheer t.b.v. de ontwikkeling van vochtig hooiland (locatie 4; huidige GHG nog wat laag), heide (locatie 5), blauwgrasland (locatie 6) of heischraalgrasland (locatie 7).

DEELGEBIED IV (locatie 8-13)

Figuur 16. Impressie van de locaties in deelgebied IV (boven: locatie 9; onder: locatie 12). De bodems (links) zijn uitgelegd per 40 cm (kolom van boven naar beneden) tot een diepte van 150 cm-mv: linksboven ligt 0-10 cm, linksonder 30-40 cm, rechtsboven 120-130 cm-mv. Foto's: 5.1.2e

Tabel 7. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied II. Voor de afkortingen en kleurarceringen zie Tabel 6.

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	S/MgCa	M5	M8	M12
8	0-20	Klei, matig humeus, bv	AP	11	26	0,9	890	19,3	0,05	449	116	429	28	38	91	18	0,09	53	12	0
	20-35	Veen	A	10	27	1,1	480	9,2	0,05	234	121	225	37	17	41	13	0,08	0	0	0
	35-45	Zand, matig humeus	B	5	22	1,2	230	3,1	0,08	113	72	48	39	7	14	8	0,09	0	0	0
	45-55	Zand, matig humeus	B	4	20	1,4	248	2,8	0,09	130	53	28	29	10	12	6	0,09	0	0	0
9	0-20	Klei, matig humeus, bv	AP	7	15	1,1	2181	18,3	0,12	476	47	321	20	41	90	13	0,09	88	72	51
	20-35	Klei, matig humeus, bv	AP	9	23	1,1	678	11,7	0,06	946	130	795	79	84	197	17	0,05	14	0	0
	35-45	Zand, sterk humeus	A	13	30	0,9	397	9,8	0,04	291	90	328	42	10	20	13	0,12	0	0	0
	45-60	Zand, sterk humeus	A	4	19	1,4	192	3,1	0,06	247	51	105	51	8	13	5	0,08	0	0	0
	60-70	Zand	BC	1	18	1,5	78	0,8	0,10	90	12	27	51	7	8	3	0,12	0	0	0
10	0-25	Klei, matig humeus, bv	AP	6	14	1,1	1839	13,2	0,14	331	23	271	22	26	50	10	0,14	75	58	36
	25-35	Zand	B	2	15	1,5	907	7,0	0,13	295	19	111	19	16	32	6	0,12	10	3	0
	35-45	Zand	BC	1	12	1,4	278	3,2	0,09	159	10	45	17	10	16	2	0,07	0	0	0
	45-55	Zand	C	1	13	1,5	231	2,6	0,09	150	9	42	19	10	16	1	0,05	0	0	0
11	0-20	Zand, matig humeus, bv	AP	5	18	1,2	1678	17,5	0,10	388	33	309	20	27	63	9	0,09	77	57	31
	20-30	Klei, matig humeus, omg	AB	2	15	1,5	264	3,8	0,07	342	18	118	36	11	32	5	0,09	0	0	0
	30-45	Zand	BC	1	14	1,5	158	2,3	0,07	272	13	112	55	10	30	2	0,04	0	0	0
	45-55	Zand	C	0	13	1,5	107	1,2	0,09	182	10	83	77	9	21	1	0,02	0	0	0
12	0-20	Klei, matig humeus, bv	AP	7	16	1,0	1657	19,5	0,08	416	85	353	22	35	78	12	0,08	85	63	34
	20-35	Klei, matig humeus, bv	AP	7	18	1,1	1719	20,5	0,08	471	103	382	24	40	87	13	0,07	68	51	29
	35-50	Klei, sterk humeus	A	4	21	1,2	709	7,3	0,10	188	52	146	27	11	26	7	0,09	10	0	0
	50-60	Klei, sterk humeus	A	4	22	1,3	328	3,8	0,09	162	37	60	25	7	14	5	0,10	0	0	0
	60-75	Zand	BC	2	19	1,4	232	3,0	0,08	130	19	45	21	6	14	3	0,08	0	0	0
13	0-20	Klei, matig humeus, bv	AP	5	15	1,2	956	13,6	0,07	343	50	249	22	27	53	8	0,08	40	14	0
	20-35	Klei, matig humeus, bv	AP	5	16	1,2	949	12,8	0,07	344	56	253	24	28	53	8	0,07	28	9	0
	35-50	Zand	BC	2	13	1,3	376	4,3	0,09	188	19	49	16	10	16	3	0,09	0	0	0
	50-60	Zand	C	1	14	1,4	297	2,8	0,11	135	12	36	17	9	14	1	0,04	0	0	0

Locatie 8 (GHG: 20 cm-mv GLG: 80 cm-mv)

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 116 mmol/l, Fe-t: 429 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 890 µmol/l, P-t: 19,3 mmol/l). Indien op de toplaag een verschralingsbeheer van circa 12 jaar wordt uitgevoerd, is de bodem geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland. Onder de bouwvoor zit een laagje sterk veraard, kleiig veen in de bodem. Indien gekozen wordt voor afgraven, wordt geadviseerd ook deze venige laag af te graven. Na afgraving van 35 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 230 µmol/l; P-t: 3,1 mmol/l; Ca-t: 72 mmol/l).

Advies 1: Inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag door middel van een verschralingsbeheer van circa 12 jaar.

Advies 2: Afgraven (35 cm) t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-t: 72 mmol/l).

Locatie 9 (GHG: 30 cm-mv GLG: 100 cm-mv)

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is (zeer) sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 47-130 mmol/l, Fe-t: 321-795 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 678-2181 µmol/l, P-t: 11,7-18,3 mmol/l). Na afgraven van 20 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van vochtig hooiland (Olsen-P: 678 µmol/l; P-t: 11,7 mmol/l; Ca-t: 130 mmol/l). Indien 35 cm wordt afgraven, is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 397 µmol/l; P-t: 9,8 mmol/l; Ca-t: 90 mmol/l).

Advies 1: Afgraven (20 cm) t.b.v. de ontwikkeling van vochtig hooiland (Ca-t: 130 mmol/l).

Advies 2: Bouwvoor (35 cm) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-t: 90 mmol/l).

Locatie 10 (GHG: 55 cm-mv GLG: 150> cm-mv)

De bouwvoor (0-25 cm-mv) is matig calciumhoudend en sterk ijzerhoudend (Ca-t: 23 mmol/l, Fe-t: 271 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1839 µmol/l, P-t: 13,2 mmol/l). Na afgraven van 35 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heischraalgrasland (Olsen-P: 278 µmol/l; P-t: 3,2 mmol/l; Ca-t: 10 mmol/l).

Advies 1: Afgraven (35 cm) t.b.v. de ontwikkeling van heischraalgrasland (Ca-t: 10 mmol/l).

Locatie 11 (GHG: 60 cm-mv GLG: 150> cm-mv)

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en sterk ijzerhoudend (Ca-t: 33 mmol/l, Fe-t: 309 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1678 µmol/l, P-t: 17,5 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 20 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heischraalgrasland (Olsen-P: 264 µmol/l; P-t: 3,8 mmol/l; Ca-t: 18 mmol/l).

Advies 1: Bouwvoor (20 cm) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van heischraalgrasland (Ca-t: 18 mmol/l).

Locatie 12 (GHG: 30 cm-mv GLG: 150> cm-mv)

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 85-103 mmol/l, Fe-t: 353-382 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1657-1719 µmol/l, P-t: 19,5-20,5 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 35 cm en een aanvullend verschralingsbeheer van circa 10 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 709 µmol/l; P-t: 7,3 mmol/l; Ca-t: 52 mmol/l). Indien niet gekozen wordt voor een verschralingsbeheer, is de bodem na afgraven van 35 cm voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van vochtig hooiland.

Advies: Afgraven bouwvoor (35 cm) t.b.v. de ontwikkeling van vochtig hooiland en na aanvullend verschralingsbeheer van circa 10 jaar mogelijk blauwgrasland (Ca-t: 52 mmol/l).

Locatie 13 (GHG: 40 cm-mv GLG: 150> cm-mv)

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is matig-sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 50-56 mmol/l, Fe-t: 249-253 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 949-956 µmol/l, P-t: 12,8-13,6 mmol/l) en geschikt voor een vochtig kruidenrijk grasland. Indien op de toplaag een verschralingsbeheer van circa 9 jaar wordt uitgevoerd, is de bodem geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland. Ook kan gekozen voor het afgraven van de bouwvoor van 35 cm, waarna de bodem voldoende fosfaatarm is voor de ontwikkeling van heischraalgrasland/blauwgrasland (Olsen-P: 376 µmol/l; P-t: 4,3 mmol/l; Ca-t: 19 mmol/l).

Advies 1: Inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag door middel van een verschralingsbeheer van circa 9 jaar.

Advies 2: Afgraven (35 cm) t.b.v. de ontwikkeling van heischraalgrasland/blauwgrasland (Ca-t: 19 mmol/l).

Synthese: Op locaties 8 en 13 kan worden ingezet op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag door middel van een verschralingsbeheer van circa 9-12 jaar. Indien gekozen worden voor afgraven van de bouwvoor (35 cm) kan op locaties 8, 9, 12 en 13 blauwgrasland of vochtig hooiland tot ontwikkeling komen. Na afgraven van 35 en 30 cm op locaties 10 en 11 kan heischraalgrasland tot ontwikkeling komen.

DEELGEBIED V (locatie 14-18)

Figuur 17. Impressie van de locaties in deelgebied V (boven: locatie 15; onder: locatie 17). De bodems (links) zijn uitgelegd per 40 cm (kolom van boven naar beneden) tot een diepte van 150 cm-mv: linksboven ligt 0-10 cm, linksonder 30-40 cm, rechtsboven 120-130 cm-mv. Foto's: 5.1.2e

Tabel 8. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied II. Voor de afkortingen en kleurarceringen zie Tabel 6.

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	S/MgCa	M5	M8	M12
14	0-20	Klei, matig humeus, bv	AP	7	11	1,0	1899	15,5	0,12	338	30	252	18	28	55	12	0,14	71	56	36
	20-40	Klei, matig humeus, bv	AP	5	13	1,1	1227	14,5	0,08	301	47	249	20	22	52	8	0,08	54	32	2
	40-55	Klei, matig humeus, bv	AP	5	16	1,2	1153	14,8	0,08	299	55	293	23	21	55	8	0,08	39	21	0
	55-65	Zand	BC	1	15	1,3	215	2,9	0,07	240	18	70	30	8	22	4	0,10	0	0	0
15	0-20	Klei, matig humeus	A	15	24	0,8	1392	13,9	0,10	283	61	259	23	22	46	23	0,22	56	37	12
	20-40	Klei, matig humeus	A	5	14	1,1	1588	14,3	0,11	319	93	221	22	30	51	9	0,06	61	44	22
	40-65	Klei, matig humeus	A	4	15	1,2	1118	12,4	0,09	296	48	211	21	28	45	9	0,10	32	17	0
	65-75	Zand, omg	C	2	16	1,3	454	4,7	0,10	177	24	101	26	14	25	7	0,14	0	0	0
16	0-20	Klei, matig humeus, bv	AP	4	13	1,1	981	8,9	0,11	232	26	127	17	16	30	7	0,13	27	10	0
	20-40	Klei, matig humeus, opg	A	12	16	0,9	1505	24,9	0,06	493	100	429	21	42	87	22	0,12	104	73	32
	40-60	Klei, matig humeus, opg	A	7	13	1,0	1155	15,3	0,08	340	82	355	29	27	58	14	0,10	54	29	0
	60-80	Klei, matig humeus, opg	A	6	13	1,0	798	10,5	0,08	318	75	243	30	24	48	12	0,10	25	0	0
	85-100	Zand	C	1	7	1,2	187	2,3	0,08	74	11	160	74	5	7	1	0,06	0	0	0
17	0-20	Klei, matig humeus	A	9	16	0,9	1052	17,0	0,06	374	78	363	26	30	73	14	0,09	56	25	0
	20-40	Klei, matig humeus	A	8	14	0,9	1225	14,9	0,08	292	62	261	22	24	53	13	0,11	55	32	2
	40-60	Klei, matig humeus	A	7	12	1,0	1162	13,7	0,09	298	72	245	23	25	54	14	0,11	49	27	0
	60-80	Klei, matig humeus	A	7	17	1,0	620	7,0	0,09	191	64	179	35	15	33	15	0,16	9	0	0
18	0-20	Klei, matig humeus, bv	AP	6	16	1,0	1306	15,0	0,09	312	59	227	19	26	55	9	0,08	58	36	8
	20-40	Klei, matig humeus, bv	AP	6	11	1,0	1053	13,6	0,08	334	71	232	22	27	55	11	0,08	45	20	0
	40-50	Klei, matig humeus, bv	AP	4	12	1,0	820	8,1	0,10	257	55	156	26	18	37	7	0,08	10	1	0
	50-60	Zand	C	0	10	1,2	91	0,7	0,13	88	10	26	52	6	10	1	0,04	0	0	0

Locatie 14 (GHG: 70 cm-mv GLG: 150> cm-mv)

De bouwvoor (0-55 cm-mv) is matig tot sterk calciumhoudend en sterk ijzerhoudend (Ca-t: 30-55 mmol/l, Fe-t: 249-293 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1153-1899 µmol/l, P-t: 14,5-15,5 mmol/l). Het fosfaat zit tot diep in de bodem. Geadviseerd wordt het ambitieniveau aan te passen en te richten op het ontwikkelen van een droog kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag. Zie ook locatie 20 en paragraaf 4.1. Ook kan gekozen worden voor het afgraven van 40 cm, waarna de bodem geschikt is voor de ontwikkeling van een vochtig kruidenrijk grasland en op termijn een wat voedselrijker vochtig hooiland (Olsen-P: 1153 µmol/l; P-t: 14,8 mmol/l; Ca-t: 55 mmol/l). Na afgraven wordt ook geadviseerd om maaisel op te brengen of een gras-kruidenmengsel in te zaaien om het risico op verruiging te verkleinen. Ook is het belangrijk dat voldoende waterafvoer/doorstroming mogelijk is na afgraving.

Advies 1: Ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van de toplaag door te maaien en afvoeren of chopperen (mits kruidachtigen ontbreken) en maaisel uit een referentieterrein opbrengen of inzaaien van gericht zaadmengsel (kruiden- en faunarijkgrasland).

Advies 2: Afgraven (40 cm) t.b.v. de ontwikkeling van vochtig kruiden-en faunarijk grasland en op termijn een wat voedselrijker vochtig hooiland (Ca-t: 55 mmol/l).

Locatie 15 (GHG: 150> cm-mv GLG: 150> cm-mv)

De bouwvoor (0-65 cm-mv) is sterk calciumhoudend en sterk ijzerhoudend (Ca-t: 61-93 mmol/l, Fe-t: 221-259 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1392-1588 µmol/l, P-t: 13,9-14,3 mmol/l). Het fosfaat zit tot diep in de bodem. Geadviseerd wordt het ambitieniveau aan te passen en te richten op het ontwikkelen van een droog kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag. Zie ook locatie 20 en paragraaf 4.1. Ook kan gekozen worden voor het afgraven van 40 cm, waarna de bodem geschikt is voor de ontwikkeling van een vochtig kruidenrijk grasland en op termijn een wat voedselrijker vochtig hooiland (Olsen-P: 1118 µmol/l; P-t: 12,4 mmol/l; Ca-t: 48 mmol/l). Na afgraven wordt ook geadviseerd om maaisel op te brengen of een gras-kruidenmengsel

in te zaaien om het risico op verruiging te verkleinen. Ook is het belangrijk dat voldoende waterafvoer/doorstroming mogelijk is na afgraving.

Advies 1: Ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van de toplaag door te maaien en afvoeren of chopperen (mits kruidachtigen ontbreken) en maaisel uit een referentieterrein opbrengen of inzaaien van gericht zaadmengsel (kruiden- en faunarijkgrasland).

Advies 2: Afgraven (40 cm) t.b.v. de ontwikkeling van vochtig kruiden-en faunarijk grasland en op termijn een wat voedselrijker vochtig hooiland (Ca-t: 48 mmol/l).

Locatie 16 (GHG: 80 cm-mv GLG: 150> cm-mv)

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is matig calciumhoudend en matig-sterk ijzerhoudend (Ca-t: 26 mmol/l, Fe-t: 127 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 981 µmol/l, P-t: 8,9 mmol/l). Onder de bouwvoor is de bodem opgebracht en zit het fosfaat tot diep in de bodem. Geadviseerd wordt het ambitieniveau aan te passen en te richten op het ontwikkelen van een droog kruiden- en faunarijk grasland of vochtig hooiland op de toplaag. Zie ook locatie 20 en paragraaf 4.1. Ook kan gekozen worden voor het afgraven van 40 cm, waarna de bodem geschikt is voor de ontwikkeling van een vochtig kruidenrijk grasland en op termijn een wat voedselrijker vochtig hooiland (Olsen-P: 1155 µmol/l; P-t: 15,3 mmol/l; Ca-t: 82 mmol/l). Na afgraven wordt ook geadviseerd om maaisel op te brengen of een gras-kruidenmengsel in te zaaien om het risico op verruiging te verkleinen. Ook is het belangrijk dat voldoende waterafvoer/doorstroming mogelijk is na afgraving.

Advies 1: Ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van de toplaag door te maaien en afvoeren of chopperen (mits kruidachtigen ontbreken) en maaisel uit een referentieterrein opbrengen of inzaaien van gericht zaadmengsel (kruiden- en faunarijkgrasland of vochtig hooiland).

Advies 2: Afgraven (40 cm) t.b.v. de ontwikkeling van vochtig kruiden-en faunarijk grasland en op termijn een wat voedselrijker vochtig hooiland (Ca-t: 82 mmol/l).

Locatie 17 (GHG: 150> cm-mv GLG: 150> cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is sterk calcium en zeer sterk ijzerhoudend (Ca-t: 78 mmol/l, Fe-t: 363 mmol/l). De toplaag is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1052 µmol/l, P-t: 17,0 mmol/l). Het fosfaat zit tot diep in de bodem. Geadviseerd wordt het ambitieniveau aan te passen en te richten op het ontwikkelen van een droog kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag. Zie ook locatie 20 en paragraaf 4.1. Ook kan gekozen worden voor het afgraven van 40 cm, waarna de bodem geschikt is voor de ontwikkeling van een vochtig kruidenrijk grasland en op termijn een wat voedselrijker vochtig hooiland (Olsen-P: 1162 µmol/l; P-t: 13,7 mmol/l; Ca-t: 72 mmol/l). Na afgraven wordt ook geadviseerd om maaisel op te brengen of een gras-kruidenmengsel in te zaaien om het risico op verruiging te verkleinen. Ook is het belangrijk dat voldoende waterafvoer/doorstroming mogelijk is na afgraving.

Advies 1: Ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van de toplaag door te maaien en afvoeren of chopperen (mits kruidachtigen ontbreken) en maaisel uit een referentieterrein opbrengen of inzaaien van gericht zaadmengsel (kruiden- en faunarijkgrasland of vochtig hooiland).

Advies 2: Afgraven (40 cm) t.b.v. de ontwikkeling van vochtig kruiden-en faunarijk grasland en op termijn een wat voedselrijker vochtig hooiland (Ca-t: 72 mmol/l).

Locatie 18 (GHG: 80 cm-mv GLG: 150> cm-mv)

De toplaag (0-50 cm-mv) is sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 55-71 mmol/l, Fe-t: 156-232 mmol/l). De toplaag is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 820-1306 µmol/l, P-t: 13,6-15,0 mmol/l). Het fosfaat zit tot diep in de bodem. Geadviseerd wordt het ambitieniveau aan te passen en te richten op het ontwikkelen van een droog kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag. Zie ook locatie 20 en paragraaf 4.1. Ook kan gekozen worden voor het afgraven van 40 cm, waarna de bodem geschikt is voor de ontwikkeling van een vochtig kruidenrijk grasland en op termijn een wat voedselrijker vochtig hooiland (Olsen-P: 820 µmol/l; P-t: 8,1 mmol/l; Ca-t: 55 mmol/l). Na afgraven wordt ook geadviseerd om maaisel op te brengen of een gras-kruidenmengsel in te zaaien om het risico op verruiging te verkleinen. Ook is het belangrijk dat voldoende waterafvoer/doorstroming mogelijk is na afgraving.

Advies 1: Ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van de toplaag door te maaien en afvoeren of chopperen (mits kruidachtigen ontbreken) en maaisel uit een referentieterrein opbrengen of inzaaien van gericht zaadmengsel (kruiden- en faunarijkgrasland of vochtig hooiland).

Advies 2: Afgraven (40 cm) t.b.v. de ontwikkeling van vochtig kruiden-en faunarijk grasland en op termijn een wat voedselrijker vochtig hooiland (Ca-t: 55 mmol/l).

Synthese: Op alle locaties in deelgebied V wordt geadviseerd het ambitieniveau aan te passen en te richten op de ontwikkeling van en droog kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag door te maaien en afvoeren of chopperen (mits kruidachtigen ontbreken) en maaisel uit een referentieterrein opbrengen of inzaaien van gericht zaadmengsel (kruiden- en faunarijkgrasland). Mogelijk is ook de ontwikkeling van glanshaverhooiland mogelijk (zaadmengsel/maaisel opbrengen na chopperen om dit te proberen). Indien gewenst is om in dit perceel af te graven, wordt geadviseerd 40 cm af te graven waarna de bodem geschikt is voor de ontwikkeling van een vochtig kruidenrijk grasland en op termijn een wat voedselrijker vochtig hooiland. Na afgraven wordt ook geadviseerd om maaisel op te brengen of een gras-kruidenmengsel in te zaaien om het risico op verruiging te verkleinen. Het is wel belangrijk dat voldoende waterafvoer/doorstroming mogelijk is na afgraving.

6. SYNTHESE EN CONCLUSIES

- De bodem in het onderzoeksgebied Vierde Bergboezem bestaat voornamelijk uit zandige klei en humeus zand (Tabel 1). Lokaal is (veraard) veen in de bodem gevonden (locatie 8). De dikte van de bouwvoor varieert van circa 20-55, maar is overwegend 35 cm. Deze bodemlaag bestaat voornamelijk uit klei. Onder de bouwvoor is veelal een B of BC-horizont te vinden, overwegend bestaande uit zand. De C-horizont wordt op de meeste locaties aangetroffen op circa 45-50 cm-mv, maar op een aantal locaties nog dieper. Zie Figuur 7 voor een overzicht van de ligging van de monsterlocaties. De boorprofielen worden weergegeven in Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem.
- De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) varieert tussen 80->150 cm-mv. De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) ligt op de wat lager gelegen delen van de percelen tussen 20-40 cm-mv (locaties 2, 3, 8, 9, 12 en 13). Op de hoger gelegen locaties (1, 4, 6, 7, 10, 11, 14, 16-21) varieert de GHG van 50-80 cm-mv. Zie Tabel 1. Op locaties waar ontgrond zal worden zal uiteraard het maaiveld dalen waardoor de relatieve grondwaterstanden t.o.v. maaiveld al hoger komen te liggen.
- De referentiemonsters zijn door Staatsbosbeheer verzameld op goed ontwikkelde locaties waar de voedselrijke toplaag reeds is afgegraven (zie ook Tabel 2 en Figuur 12). Op alle locaties is de bodem voedselarm: de totaal-P concentratie varieert van 1,0-4,2 mmol/l en de Olsen-P concentratie van 104-406 µmol/l. De bodem op de referentielocaties 1, 3 en 5 is geschikt voor de ontwikkeling van kleine zeggenvegetaties/veldrusschraalland onder zeer natte condities of heischraalgrasland. De bodem op deze locaties is zwak-matig calciumhoudend en zwak-matig tot matig ijzerhoudend (Ca-t: 12-16 mmol/l; Fe-t: 26-95 mmol/l). De bodem op de referentielocaties 2 en 4 zijn is onder de juiste hydrologische condities geschikt voor de ontwikkeling van blauwgrasland. Op deze locaties in de bodem goed gebufferd: Ca-t 35-58 mmol/l.

- Per deelgebied zijn in paragraaf 5.4 de ontwikkelingsmogelijkheden voor soortenrijke natuur weergegeven. Dit is per locatie toegelicht. De conclusies zijn als volgt:

    - **Deelgebied I (locaties 1, 19-21):** Geadviseerd wordt de zode te plaggen of te chopperen (mits soortenarm) en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland (locaties 1 en 19) of kruiden- en faunarijk grasland (locatie 20) te stimuleren. Ook kan op locaties 1, 19 en 21 gekozen worden voor het afgraven van de bouwvoor (30-35 cm) t.b.v. de ontwikkeling van heischraal grasland/blauwgrasland. Wanneer op locatie 20 ook 30-35 cm wordt afgegraven zal hier een wat productievere vegetatie tot ontwikkeling komen (vochtig kruidenrijk grasland), mogelijk met wat verruiging.

    - **Deelgebied II (locaties 2 en 3):** Inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag. Op locatie 3 is wel een aanvullend verschralingsbeheer van circa 33 jaar nodig (in eerste instantie vochtig kruidenrijk grasland). Ook kan gekozen worden voor het afgraven van de bouwvoor (40 cm) afgraven met een aanvullend verschralingsbeheer van circa 5-6 jaar t.b.v. de ontwikkeling van vochtig hooiland (locatie 3) of blauwgrasland (locatie 2).

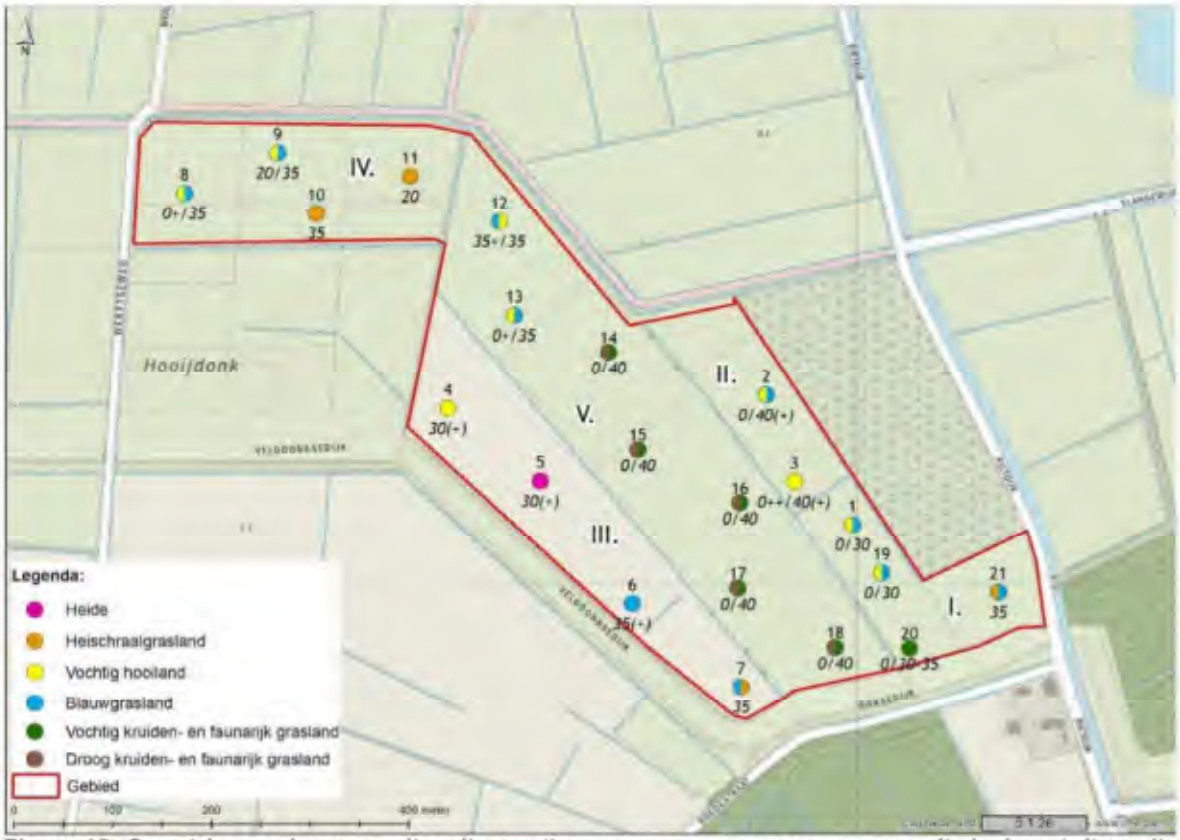
    - **Deelgebied III (locaties 4-7):** Afgraven van de bouwvoor (30-35 cm) met lokaal een beperkt aanvullend verschralingsbeheer t.b.v. de ontwikkeling van vochtig

hooiland (locatie 4; huidige GHG nog wat laag), heide (locatie 5), blauwgrasland (locatie 6) of heischraalgrasland (locatie 7).

- **Deelgebied IV (locaties 8-13):** Op locaties 8 en 13 kan worden ingezet op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag door middel van een verschralingsbeheer van circa 9-12 jaar. Indien gekozen worden voor afgraven van de bouwvoor (35 cm) kan op locaties 8, 9, 12 en 13 blauwgrasland of vochtig hooiland tot ontwikkeling komen. Na afgraven van 35 en 30 cm op locaties 10 en 11 kan heischraalgrasland tot ontwikkeling komen.

- **Deelgebied V (locaties 14-18):** Ambitieniveau aan passen en richten op de ontwikkeling van een droog kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag door te maaien en afvoeren of chopperen (mits kruidachtigen ontbreken) en maaisel uit een referentieterrein opbrengen of inzaaien van gericht zaadmengsel (kruiden- en faunarijkgrasland). Indien gewenst is om in dit perceel af te graven, wordt geadviseerd 40 cm af te graven waarna de bodem geschikt is voor de ontwikkeling van een vochtig kruidenrijk grasland en op termijn een wat voedselrijker vochtig hooiland. Na afgraven wordt ook geadviseerd om maaisel op te brengen of een gras-kruidenmengsel in te zaaien om het risico op verruiging te verkleinen. Het is wel belangrijk dat voldoende waterafvoer/doorstroming mogelijk is na afgraving.

- De ruimtelijke variatie van de ontgrondingsadviezen wordt weergegeven in Figuur 18. Wanneer (fors) aanvullend verschralingbeheer nodig is betekent dit dat de bodem na ontgronding nog (beperkt) te rijk is aan fosfaat en kan leiden tot verruiging.



Figuur 18. Overzicht van de ontgrondingsdieptes (in cm, weergegeven op een topografische kaart) die nodig zijn om P-arme condities te realiseren waarbij (+) = <10 jaar, en + = 11-20 jaar en ++ = 21-35 jaar aanvullend verschralingsbeheer vereist (na inrichting nog niet direct een optimale situatie voor de beoogde

natuurdoelen). De kleuren geven een beeld van de natuurpotenties. De natuurpotenties zijn gebaseerd op de Ca-z concentraties (µmol/l) op <4000 = heide, 4000-10000 = heischraal grasland, 10000-30000 = blauwgrasland en 10000-50000 = vochtig hooiland. Onder voedselrijkere condities kan een kruiden- en faunarijk grasland worden ontwikkeld.

- Indien niet gekozen wordt voor een dergelijke ontgronding of verschralingsbeheer, wordt geadviseerd het ambitieniveau aan te passen en in te zetten op het ontwikkelen van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag. Onder vochtige omstandigheden is een Olsen-P concentratie van circa (<)1200-1500 µmol/l gewenst voor de ontwikkeling van een goed ontwikkeld kruiden- en faunarijk grasland. Stoppen met bemesting en jaarlijks maaien en afvoeren is hierbij vereist. Om op voedselrijkere gronden de dominantie van witbol te doorbreken, wordt geadviseerd witbol vroeg af te maaien, bijvoorbeeld in mei. Goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden worden vaak laat in de zomer (augustus/september) gemaaid. Wanneer de zode ondanks het verschralingsbeheer soortenarm blijft is een experimentele maatregel zoals chopperen van de zode in combinatie van het inzaaien van een passend gras-kruidenmengsel een alternatief.
- Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd, ook wanneer vernattingsmaatregelen worden genomen. Er dient voldoende doorstroming te zijn en in de zomer dient de toplaag droog te vallen om P-binding te stimuleren en verruiging te voorkomen. In verband met het veranderende klimaat (extremere weersomstandigheden) wordt geadviseerd de hydrologische omstandigheden (bij vernatting) regelbaar te maken.

7. LITERATUUR

Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen (2016) Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad Natuur Bos Landschap* maart: 10-13.

Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.

Dorland, E., K. Eichhorn, T. Van den Broek & M. Courbois (2020) Herstel kruidenrijke graslanden op zandgrond door tijdelijk akkerbeheer. De Levende Natuur 121: 86-91.

Eekeren, N. van, T. van den Broek, B. Timmermans, Y. Egas, A. Koornneef & R. Terlouw (2021) Uitmijnen of plaggen voor nat schraalland in de Krimpenerwaard: proefresultaten 2020-2021. Publicatienummer 2021-042 LbD. Louis Bolk Instituut, Bunnik.

Eichhorn, K., E. Brouwer, E. Dorland, R. Ketelaar & T. van den broek (2020) Kruidenrijke natuurgraslanden ontwikkelen op fosfaatrijke grond. Wat is er mogelijk? De Levende Natuur 121: 92-95.

Klimkowska, A., R. van Diggelen, J.P. Bakker & A.P. Grootjans (2007). Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* **140**: 318-328.

Lamers, L.P.M., E.C.H.E.T. Lucassen, A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2005) Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H_2O* **38** (17): 28-30.

Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs (2009) Verpitrussing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* **110** (1): 43-46.

Mullekom, M. van, A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.

Mullekom, M. van, F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs (2009) Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **6**: 2-7.

Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M. Weijters, H.B.M. Tomassen, R. Bobbink, A.J.P. Smolders (2013) Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* **114**: 120-126.

Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Department of Agriculture* circular No. 939.

Van Rotterdam, D., Postma, R. (2019). Fosfaatonderzoek Wieden en Weerribben. Rapport 1692.N.17. NMI.

Scherpenisse, M.C., E. Verbaarschot, B. Timmermans, R. Bobbink & P.J.M. Verbeek (2017) Graslanden in Overijssel. Advies voor kwaliteitsverbetering van kruiden- en faunarijk grasland. Natuurbalans - Limens Divergens BV, Nijmegen.

Schippers, W. (2012) Ontwikkelen van kruidenrijk grasland. *Samenwerkende Uitgevers Vof.*

Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006) De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **3**(4): 5-11.

Smolders, A., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen, & E. Brouwer (2009) Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* **110**: 33-38.

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2012) Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **1**: 12-15.

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2016) Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* **45**: 701-708.

Tsiafouli, M.A., E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C. de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett, M.V. Brady, L. Bjornlund, H.B. Jørgensen, S. Christensen, T. D' Hertefeldt, S. Hotes, W.H.G. Hol, J. Frouz, M. Liiri, S.R. Mortimer, H. Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V. Wolters & K. Hedlund (2015) Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* **21**: 973-985.

60215 0004

8. BIJLAGEN

8.1 Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem

Profielbeschrijvingen conform NEN5104 van de boorlocaties in het gebied. Profielbeschrijvingen zijn opgesteld door ATKB (5.1.2e).

Legenda:

Legenda (conform NEN 5104)

grind
- Grind, siltig
- Grind, zwak zandig
- Grind, matig zandig
- Grind, sterk zandig
- Grind, uiterst zandig

zandtest
- Zandtest, kleiig
- Zandtest, zwak siltig
- Zandtest, matig siltig
- Zandtest, sterk siltig
- Zandtest, uiterst siltig

veen
- Veen, mineraalarm
- Veen, zwak kleiig
- Veen, sterk kleiig
- Veen, zwak zandig
- Veen, sterk zandig

klei
- Klei, zwak siltig
- Klei, matig siltig
- Klei, sterk siltig
- Klei, uiterst siltig
- Klei, zwak zandig
- Klei, matig zandig
- Klei, sterk zandig

leem
- Leem, zwak zandig
- Leem, sterk zandig

overige toevoegingen
- zwak humeus
- matig humeus
- sterk humeus
- zwak grindig
- matig grindig
- sterk grindig

geur
- geen geur
- zwakke geur
- matige geur
- sterke geur
- uiterste geur

olie
- geen olie-water reactie
- zwakke olie-water reactie
- matige olie-water reactie
- sterke olie-water reactie
- uiterste olie-water reactie

p.i.d.-waarde
- >0
- >1
- >10
- >100
- >1000
- >10000

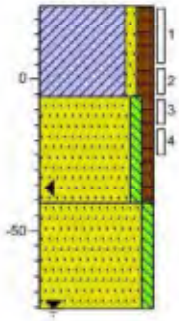
monsters
- geroerd monster
- ongeroerd monster
- volumering

overig
- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand
- slib
- water

ATKB

Boring: 1

X: 109995.59
Y: 405058.64
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.243
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 100
GHG: 60



0 gras

(30) AP-HORIZONT
Klei, zwak zandig, matig humeus, M50 (125), resten wortels, sporen roest, K-waarde: 0.1 (matig), donkerbruin, Edelmanboor, scherp, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

30 (35) BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, M50 (150), sporen Humus, sporen roest, K-waarde: 0.5, donkerbeige, Edelmanboor, mini.ingespoeld, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

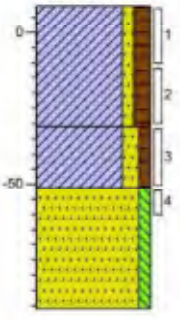
65 (35) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (200), zwak roesthoudend, K-waarde: 5 (zeer goed), licht grijswit, Edelmanboor, schraal zand, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

100

Boring: 2

X: 109908.31
Y: 405189.86
Datum: 13-9-2022

N.A.P. : 0.089
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



0 gras

(40) AP-HORIZONT
Klei, zwak zandig, matig humeus, M50 (120), zwak roesthoudend, resten wortels, brokken klei, K-waarde: 0.05, donker grijsbruin, Edelmanboor, geroerd, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

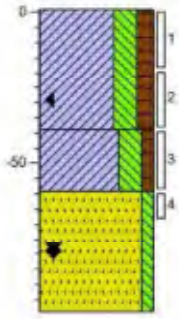
40 (20) AC-HORIZONT
Klei, matig zandig, zwak humeus, M50 (150), matig roesthoudend, brokken klei, brokken zand, K-waarde: 0.3 (matig), donker grijsbeige, Edelmanboor, sterk geroerd, scherp, heterogeen, roestvlekken, omgewerkte grond

60 (40) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (155), zwak roesthoudend, K-waarde: 0.1 (matig), licht geelbeige, Edelmanboor, intact reducerend zand, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

100

Boring: 3

X: 109936.72
Y: 405102.41
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.011
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 80
GHG: 30
GLG: 80



0 gras

(40) AP-HORIZONT
Klei, sterk siltig, matig humeus, M50 (100), brokken klei, zwak roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 0.05, donkerbruin, Edelmanboor, opgebracht, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

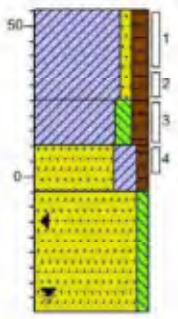
40 (20) A-HORIZONT
Klei, sterk siltig, zwak humeus, M50 (120), brokken klei, matig roesthoudend, K-waarde: 0.05 (slecht), donker bruinroest, Edelmanboor, omgewerkt oude bodem, scherp, heterogeen, roestvlekken, bodem

60 (40) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (170), zwak roesthoudend, K-waarde: 1 (goed), licht grijsgeel, Edelmanboor, gereduceerd intact zand, scherp, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

100

Boring: 4

X: 109585.48
Y: 405176.29
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.554
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 95
GHG: 70



0 akker

(30) AP-HORIZONT
Klei, zwak zandig, matig humeus, M50 (100), sporen roest, resten wortels, K-waarde: 0.2 (matig), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

30 (15) A-HORIZONT
Klei, matig siltig, matig humeus, zwak roesthoudend, sporen veen, K-waarde: 0.01 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, omgewerkt oude bodem, restand veen, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bodem

45 (15) B-HORIZONT
Zand, zeer fijn, kleilig, zwak humeus, M50 (125), sporen Humus, sporen roest, K-waarde: 0.1 (matig), licht bruinbeige, Edelmanboor, intact siltig, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, inspoelingshorizont

60 (40) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (165), zwak roesthoudend, K-waarde: 1 (goed), licht geelbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

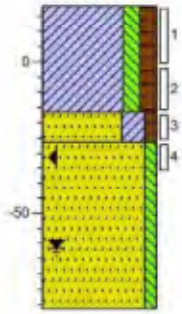
100

Projectcode: PR-22.077

ATKB

Boring: 6

X: 109772.39
Y: 404978.68
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.185
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 80
GHG: 50



0 akker

(35) AP-HORIZONT
Klei, matig siltig, matig humeus, resten wortels, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.05 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, bouwvoor

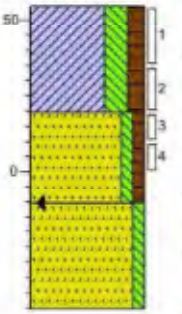
35 (10) 45 BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, kleiig, zwak humeus, M50 (150), sporen Humus, resten roest, K-waarde: 0.5, licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

(55) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (175), zwak roesthoudend, K-waarde: 1 (goed), licht geelbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

100

Boring: 7

X: 109882.64
Y: 404894.35
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.548
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GHG: 65



0 akker

(35) AP-HORIZONT
Klei, sterk siltig, matig humeus, M50 (100), resten wortels, sporen roest, K-waarde: 0.1 (matig), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, bouwvoor

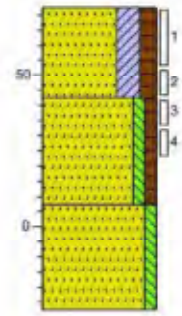
35 (30) 65 BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, M50 (175), sporen Humus, K-waarde: 0.5 (redelijk), licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, mosveen, humusinspoeling

(35) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (195), zwak roesthoudend, K-waarde: 1 (goed), licht geelbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

100

Boring: 5

X: 109679.17
Y: 405102.92
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.725
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



0 akker

(30) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, kleiig, matig humeus, M50 (155), resten wortels, K-waarde: 0.3 (redelijk), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

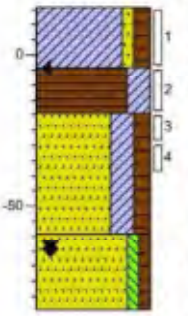
30 (35) 65 BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, M50 (165), sporen Humus, K-waarde: 0.8 (goed), licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, humusinspoeling

(35) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (195), zwak roesthoudend, K-waarde: 1 (goed), licht beigegeel, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

100

Boring: 8

X: 109318.66
Y: 405394.89
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.157
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 80
GHG: 20
GLG: 80



0 gras

(20) AP-HORIZONT
Klei, zwak zandig, matig humeus, M50 (125), resten wortels, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.1 (matig), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

20 (15) 35 A-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, sporen roest, resten veen, K-waarde: 0.05 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bosveen, sterk veraard, veraard veen

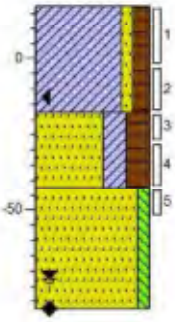
(40) B-HORIZONT
Zand, matig fijn, kleiig, matig humeus, M50 (155), sporen Humus, K-waarde: 0.2 (matig), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, inspoelingshorizont

75 (25) 100 BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, M50 (150), sporen Humus, sporen roest, K-waarde: 0.5 (redelijk), licht bruinbeige, Edelmanboor, uitlopend ingespoeld, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

Projectcode: PR-22.077

Boring: 9

X: 109413.09
Y: 405436.03
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.176
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 90
GHG: 30
GLG: 100



0 gras

AP-HORIZONT
Klei, zwak zandig, matig humeus, M50 (125), resten wortels, zwak roesthoudend, brokken klei, K-waarde: 0.1 (slecht), donker bruingrijs, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

35 (35)

A-HORIZONT
Zand, zeer fijn, kleiig, sterk humeus, M50 (145), resten veen, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.1 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, restand afgegraven veen geroerd, scherp, heterogeen, roestvlekken, bosveen, sterk veraard, bodem

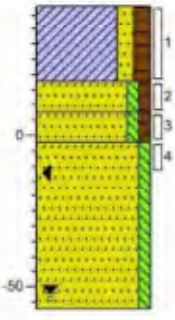
60 (25)

BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (155), insluitingen Humus, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.5 (redelijk), licht geelbeige, Edelmanboor, intact,minim.ingespoeld, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

100 (40)

Boring: 10

X: 109451.84
Y: 405374.66
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.429
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 95
GHG: 55



0 gras

AP-HORIZONT
Klei, matig zandig, matig humeus, M50 (125), zwak roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 0.3 (matig), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

25 (25)
35 (10)

B-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, M50 (155), sporen Humus, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.5 (redelijk), licht beigebruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, inspoelingshorizont

45 (10)
55 (10)

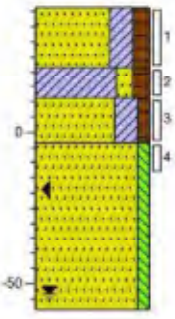
BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, M50 (155), zwak roesthoudend, sporen Humus, K-waarde: 0.8 (goed), licht geelbeige, Edelmanboor, uitlopend ingespoeld, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

100 (45)

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (150), zwak roesthoudend, K-waarde: 1 (goed), lichtgeel, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

Boring: 11

X: 109547.15
Y: 405412.24
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.414
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 95
GHG: 60



0 gras

AP-HORIZONT
Zand, zeer fijn, kleiig, matig humeus, M50 (125), resten wortels, sporen roest, K-waarde: 0.3 (redelijk), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

20 (20)
30 (10)
45 (15)

AB-HORIZONT
Klei, matig zandig, matig humeus, M50 (125), sporen Humus, sporen roest, brokken klei, K-waarde: 0.1 (matig), donker bruinbeige, Edelmanboor, omgewerkt, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, omgewerkte grond

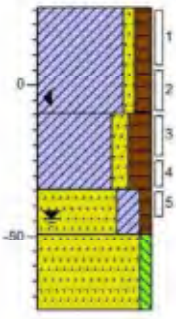
100 (55)

BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, kleiig, zwak humeus, M50 (150), sporen Humus, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.4 (redelijk), licht bruinbeige, Edelmanboor, uitlopend ingespoeld, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (175), lensjes zand, zwak roesthoudend. K-waarde: 2 (goed), licht geelbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

Boring: 12

X: 109637.52
Y: 405366.18
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.258
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 70
GHG: 30



0 gras

AP-HORIZONT
Klei, zwak zandig, matig humeus, M50 (120), resten wortels, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.1, donkerbruin, Edelmanboor, opgebracht, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

35 (35)

A-HORIZONT
Klei, matig zandig, sterk humeus, M50 (125), resten veen, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.05 (slecht), donker zwartbruin, Edelmanboor, begraven,afgegraven veen/bodem, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bosveen, sterk veraard, bodem

60 (25)
75 (15)

BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, kleiig, zwak humeus, M50 (150), zwak roesthoudend, sporen Humus, K-waarde: 0.3 (redelijk), licht bruinbeige, Edelmanboor, minim.ingespoeld, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

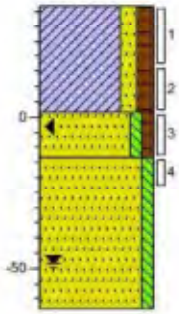
100 (25)

C-HORIZONT
Zand, zeer fijn, zwak siltig, M50 (145), zwak roesthoudend, K-waarde: 0.3 (redelijk), licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

Projectcode: PR-22.077

Boring: 13

X: 109652.66
Y: 405270.86
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.367
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 85
GHG: 40



0 gras

(35) AP-HORIZONT
Klei, matig zandig, matig humeus, M50 (125), resten wortels, sporen roest, K-waarde: 0.1 (matig), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

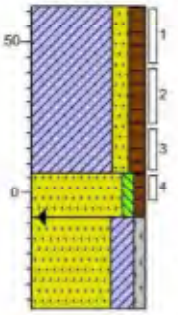
35 (15) BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, M50 (150), sporen Humus, K-waarde: 0.5, licht bruinbeige, Edelmanboor, iets doorgewerkt, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, humusinspoeling

50 (50) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (165), zwak roesthoudend, K-waarde: 1 (goed), licht geelbeige, Edelmanboor, intact, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

100

Boring: 14

X: 109748.39
Y: 405237.60
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.619
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GHG: 70



0 gras

(55) AP-HORIZONT
Klei, matig zandig, matig humeus, M50 (120), resten wortels, K-waarde: 0.1 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, deelsopgebrachte teeltlaag, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

55 (15) BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, M50 (150), sporen Humus, sporen roest, K-waarde: 0.3, licht bruinbeige, Edelmanboor, minim ingespoeld, intact, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

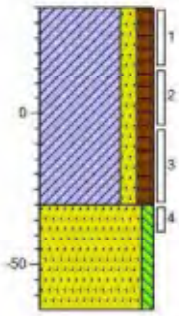
70 (30) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, kleilg, zwak grindig, M50 (165), lensjes zand, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.8 (redelijk), licht geelbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

100

Boring: 15

X: 109778.10
Y: 405138.90
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.353
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

Opmerking: nabij gedempte sloot



0 gras

A-HORIZONT
Klei, matig zandig, matig humeus, M50 (120), brokken klei, sporen roest, resten wortels, K-waarde: 0.1 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, opgebracht, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bodem

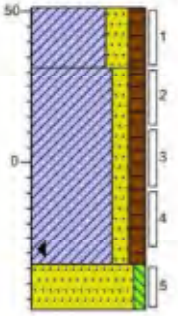
(65)

86 (35) C-HORIZONT
Zand, zeer fijn, zwak siltig, M50 (140), brokken zand, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.1 (slecht), donkergrijs, Edelmanboor, geroerd, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, omgewerkte grond

100

Boring: 16

X: 109881.57
Y: 405085.47
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.515
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GHG: 80



0 gras

(20) AP-HORIZONT
Klei, sterk zandig, matig humeus, M50 (120), resten wortels, brokken klei, K-waarde: 0.1 (matig), donker bruingrijs, Edelmanboor, opgebracht, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

20 (65) A-HORIZONT
Klei, matig zandig, matig humeus, M50 (120), zwak roesthoudend, K-waarde: 0.05 (slecht), donker grijsbruin, Edelmanboor, opgebracht, scherp, heterogeen, roestvlekken, opgebrachte grond

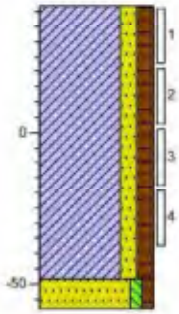
85 (15) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (155), matig roesthoudend, K-waarde: 1, licht oranjeroest, Edelmanboor, intact, scherp, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

100

Projectcode: PR-22.077

Boring: 17

X: 109879.52
Y: 404998.29
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.418
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



0 gras

A-HORIZONT
(90) Klei, matig zandig, matig humeus, M50 (120), brokken klei, resten wortels, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.05 (zeer slecht), donkerbruin, Edelmanboor, nabij gedempte sloot,omgewerkte hoek, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bodem

90

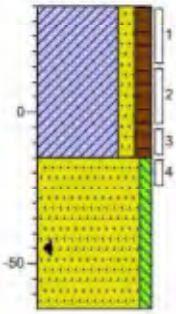
AC-HORIZONT
(10) Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, M50 (150), brokken klei, zwak roesthoudend, brokken zand, K-waarde: 0.2 (matig), donker beigegrijs, Edelmanboor, geroerd, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, omgewerkte grond

100

Boring: 18

X: 109977.80
Y: 404938.68
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.353
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

GHG: 80



0 gras

AP-HORIZONT
(50) Klei, matig zandig, matig humeus, M50 (120), zwak roesthoudend, brokken klei, resten wortels, K-waarde: 0.1 (slecht), donker grijsbruin, Edelmanboor, deels opgebracht, scherp, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

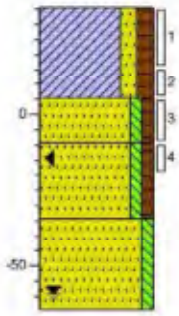
50

C-HORIZONT
(50) Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (155), sporen roest, K-waarde: 0.5, licht geelbeige, Edelmanboor, intact,geen inspoeling, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

100

Boring: 19

X: 110025.02
Y: 405009.94
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.356
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 95
GHG: 50



0 gras

AP-HORIZONT
(30) Klei, matig zandig, matig humeus, M50 (125), resten wortels, sporen roest, K-waarde: 0.1 (matig), donkerbruin, Edelmanboor, scherp, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

30

B-HORIZONT
(15) Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, M50 (150), sporen Humus, K-waarde: 0.3, donker beigebruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, inspoelingshorizont

45

BC-HORIZONT
(25) Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, M50 (165), sporen Humus, zwak roesthoudend, K-waarde: 1, licht geelbeige, Edelmanboor, uitlopend ingespoeld, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

70

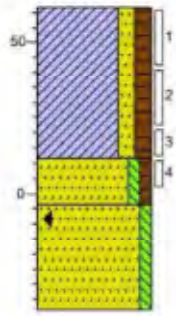
C-HORIZONT
(30) Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (175), zwak roesthoudend, K-waarde: 2 (goed), licht geelbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

100

Boring: 20

X: 110053.29
Y: 404938.26
Datum: 13-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 0.617
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

GHG: 70



0 gras

AP-HORIZONT
(50) Klei, matig zandig, matig humeus, M50 (125), zwak roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 0.2, donkerbruin, Edelmanboor, flink opgebracht? humeus pakket, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, bouwvoor

50

B-HORIZONT
(15) Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, M50 (150), sporen Humus, sporen roest, K-waarde: 0.5 (redelijk), donker beigebruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, inspoelingshorizont

65

C-HORIZONT
(35) Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (165), zwak roesthoudend, K-waarde: 1 (goed), licht geelbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

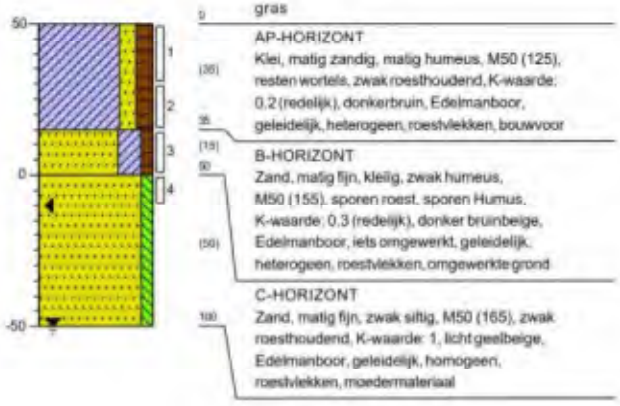
100

Projectcode: PR-22.077

ATKB

Boring: 21

X:	110143.42
Y:	404990.28
Datum:	13-9-2022
Boormeester:	S.T.ZE
N.A.P. :	0.501
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	100
GHG:	60



0 gras

AP-HORIZONT
(35) Klei, matig zandig, matig humeus, M50 (125), resten wortels, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.2 (redelijk), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

35 (15)

B-HORIZONT
50 Zand, matig fijn, kleiig, zwak humeus, M50 (155), sporen roest, sporen Humus, K-waarde: 0.3 (redelijk), donker bruinbeige, Edelmanboor, iets omgewerkt, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, omgewerkte grond

(50)

C-HORIZONT
100 Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (165), zwak roesthoudend, K-waarde: 1, licht geelbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

Projectcode: PR-22.077

www.b-ware.eu

ONDERZOEKCENTRUM

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

BODEMCHEMISCH ONDERZOEK NNP SANG EN GOORKENS

- notitie (definitief) -

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas • Auteurs: 5.1.2e & 5.1.2e •
Projectnummer: PR-21.123 • Rapportnummer: RP-21.123.21.82 •
Datum: 2-12-2021

Titel rapport:
Bodemchemisch onderzoek NNP Sang en Goorkens

Auteurs:
5.1.2e & 5.1.2e

Rapportnummer: 21.123.21.82

Opdrachtgever:
Waterschap Aa en Maas

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:
5.1.2e
Tel: 5.1.2e
5.1.2e @b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2021

1. AANLEIDING

Onderzoekcentrum B-WARE heeft in opdracht van Waterschap Aa en Maas een bodemchemisch onderzoek uitgevoerd in de natte natuurparel Sang en Goorkens. Waterschap Aa en Maas heeft verschillende wateropgaven voor Sang en Goorkens, namelijk op het gebied van verdrogingsbestrijding (herstel natte natuurparel), beekherstel en ecologische verbindingszones. In dit kader heeft waterschap Aa en Maas een aantal percelen reeds ingericht en liggen er mogelijk potenties op enkele voormalige landbouwgronden. In deze percelen heeft Onderzoekcentrum B-WARE onderzocht wat de mogelijkheden zijn voor ontwikkeling van natte natuur.

In deze notitie worden de resultaten toegelicht. Voor algemene informatie over de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden kan de B-WARE folder 'Van landbouw naar natuur' worden geraadpleegd.

Figuur 1. Globale ligging van het onderzoeksgebied.

Figuur 2. Impressie van het onderzoeksgebied op de locaties 101 en 4. Foto's: 5.1.2e

2. MATERIAAL EN METHODEN

Op 3 en 4 augustus 2021 werden door boormeester 5.1.2e van ATKB op 8 locaties (Figuur 3) bodemmonsters verzameld en werd op 11 locaties het bodemprofiel beschreven (om een beter beeld te krijgen van de ruimtelijke variatie in bodemopbouw) conform NEN 5104 tot op 150 cm-mv (Bijlage 2). Een overzicht van de grondwaterstanden, afgelezen uit het bodemprofiel, worden gegeven in Tabel 1.

Tabel 1. XY-coördinaten, landgebruik (GS = grasland), actuele grondwaterstand (GWS; 3-4 augustus 2021), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) per locatie. Voor ligging van de locaties zie Figuur 3.

Locatie	Datum	X	Y	Gebruik	GWS	GHG	GLG
1	4-8-2021	172143	382796	B	15	0	50
2	4-8-2021	172202	382851	B	45	10	80
3	3-8-2021	172496	383258	B	130	80	>150
4	3-8-2021	172640	383317	B	80	50	110
5	4-8-2021	172918	383336	B	70	30	110
6	4-8-2021	172906	383462	B	70	40	110
101	3-8-2021	172541	383311	B	105	70	130
102	3-8-2021	172447	383214	B	130	80	>150
103	3-8-2021	172631	383255	B	90	60	130
104	3-8-2021	172680	383363	B	70	30	100
105	4-8-2021	172927	383401	B	70	30	100

De globale bemonsteringsstrategie was:

- Toplaag (0-20 cm-mv);
- Restant bouwvoor;
- 0-10 cm onder de bouwvoor;
- 10-20 cm onder de bouwvoor.

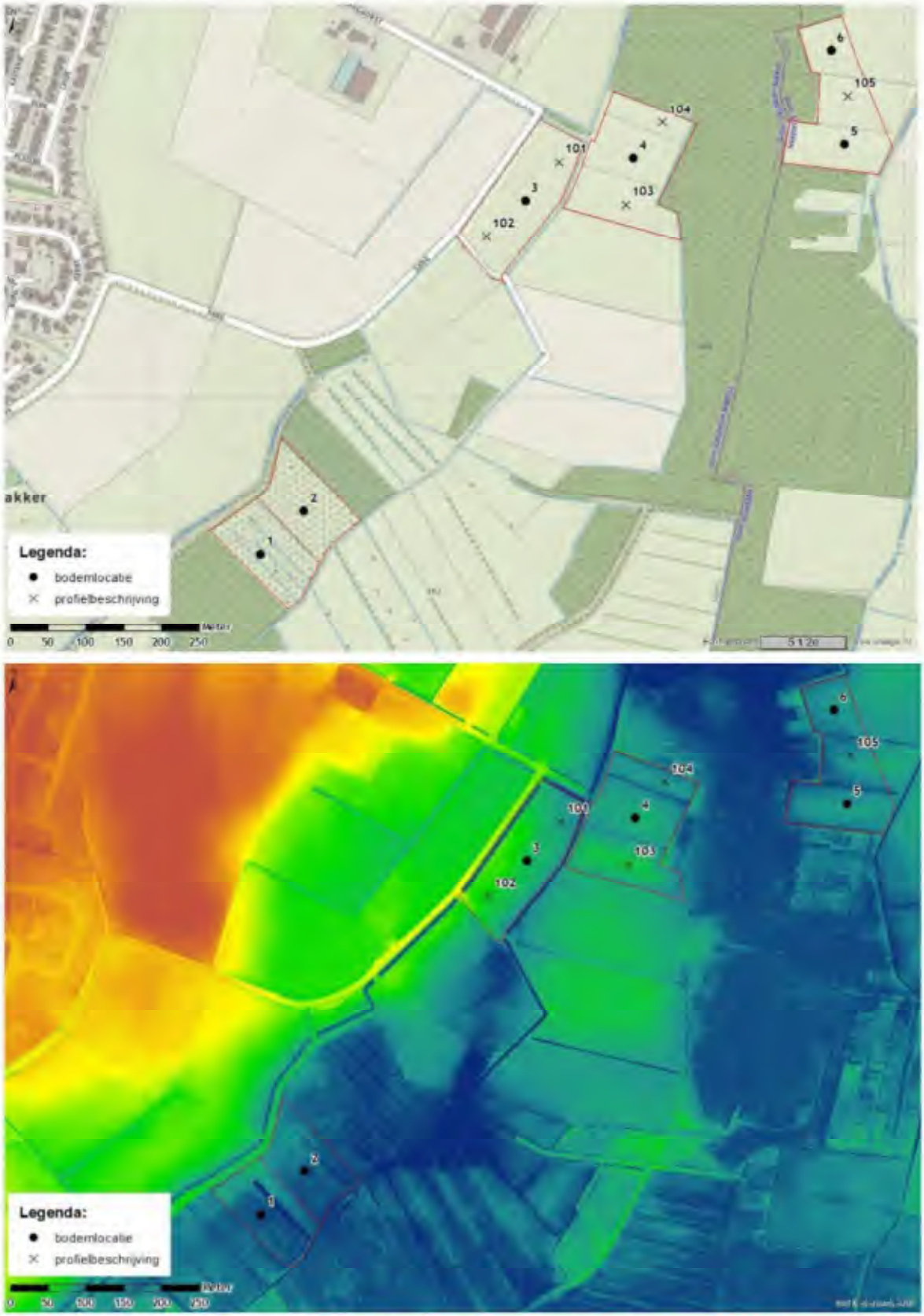
In totaal werden 27 bodemmonsters afgeleverd bij B-WARE en chemisch geanalyseerd (zie bijlage 1 voor een nadere toelichting):

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid;
- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);

Voor een selectie van 18 bodemmonsters zijn de volgende variabelen bepaald:

- pH-zout en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. fosfor, ammonium, nitraat, aluminium en calcium.

Op basis van de bodemchemische onderzoeksresultaten wordt aangegeven op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor soortenrijke natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschralingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.



Figuur 3. Overzicht van de ligging van de monsterlocaties op een topografische kaart (boven) en hoogtekaart (onder).

3. RESULTATEN BODEMCHEMISCH ONDERZOEK

Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P concentratie een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen worden de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (de totaal-P concentratie kan sterk variëren):

- Heide: (<)100-300 µmol/l bodem (totaal-P veelal <2,5-3 mmol/l);
- Droog schraalland: (<)300-500 µmol/l bodem;
- Nat schraalland: (<)300-500 µmol/l bodem;
- Vochtig hooiland: (<)500-800 µmol/l bodem (Fe-rijk en sterk gebufferd);
- Soortenrijk kruiden- en faunarijk grasland: 900-1200 µmol/l bodem;
- Kruiden- en faunarijk grasland: >1200 µmol/l bodem (mits P-z < 2 µmol/l en nitraat <100-200 µmol/l).

De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem waarvan een (groot) deel op termijn weer beschikbaar kan komen voor planten (zeker bij een verandering van de redoxtoestand van de bodem door het nemen van vernattingsmaatregelen). Vanwege het feit dat planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties in deze rapportage uitgedrukt per liter verse bodem.

Om te kunnen bepalen of verschraling via maaien en afvoeren (P-afvoer 10 kg/ha/jaar) of uitmijnen binnen een redelijke termijn te realiseren is, kan op basis van de Olsen-P en totaal-P concentratie een indicatieve verschralingsduur berekend worden. Voor uitmijnen kan de verschralingsduur ook berekend worden, maar dan wordt uitgegaan van een P-afvoer van 40 kg hectare per jaar. Deze afvoer kan gehaald worden met uitmijnen met grasklaver in combinatie met kalibemesting of een productieve graszode in combinatie met stikstof- en kalimesting, maar de daadwerkelijke onttrekking is afhankelijk van de omstandigheden (o.a. hydrologie). Voor een praktisch uitmijnadvies zijn aanvullende (landbouw georiënteerde) analyses van Eurofins vereist in combinatie met een beheeradvies van het Louis Bolk Instituut.

Wanneer de ontwikkeling van nat schraalland of vochtige heide niet mogelijk is, is de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland een optie met een Olsen-P streefconcentratie van circa 1200 µmol/l (Scherpenisse e.a. (2017). De soortenrijkdom van kruidenrijke graslanden (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de meest labiele P-fractie voldoende laag is (P-z < 1-2 µmol/l) en ook de nitraatconcentratie laag is (<100-200 µmol/l). Overigens kunnen er op droge, voedselrijkere zandgronden ook kruidenrijkere graslanden tot ontwikkeling komen als gevolg van droogtestress en/of lage concentraties organische stof (eventueel in combinatie met tijdelijk akkerbeheer) (Dorland e.a., 2020; Eichhorn e.a., 2020). Bureau Natuurbalans (5.1.2e 5.1.2e) heeft voor op P-rijke droge gronden goede ervaringen met de omvorming naar kruidenrijk grasland en/of glanshaverhooiland door middel van chopperen in combinatie met het inzaaien van een gras-/kruidenmengsel. Dit bevindt zich nog in een experimenteel stadium. Waarschijnlijk speelt N- en/of K-limitatie een rol. Meer onderzoek moet uitwijzen hoe hier meer op gestuurd kan worden en onder welke condities deze maatregel wel of juist niet kansrijk is. Om op voedselrijkere gronden de dominantie van witbol te doorbreken wordt geadviseerd witbol vroeg af te maaien, bijvoorbeeld in mei. Deze grassen bloeien namelijk voordat de zomerkruiden gaan bloeien. Op deze manier wordt gestreepte witbol actief teruggedrongen ten gunste van later bloeiende kruidachtigen. Goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden worden vaak laat in de zomer (augustus/september) gemaaid.

Uit de bodemanalyses blijkt dat de bouwvoor (30-35 cm dik) in de voormalige landbouwpercelen verrijkt is met fosfaat (1071-4016 µmol/l Olsen-P), totaal-P (19,7-48,2 mmol/l bodem) als gevolg van het landbouwkundig gebruik. De concentraties nemen af onder de bouwvoor, met uitzondering van locatie 5. Dit duidt op (lokale) P-uitspoeling onder de bouwvoor of een diepere verstoring van de bodem. Bij de beschrijving per locatie wordt dit nader toegelicht.

In de reeds ingerichte percelen (locatie 1 en 2) is de toplaag van de bodem (0-15 cm) slechts beperkt verrijkt met fosfaat (>300-500 µmol/l Olsen-P), maar wel fosfaatrijker dan de onderliggende bodemlaag met concentraties van 695-896 µmol/l Olsen-P tegen slechts 56-88 µmol/l Olsen-P op een diepte van 15-40 cm. In Tabel 2 is een overzicht gegeven van de bodemchemische resultaten per locatie per diepte.

Tabel 2. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in het onderzoeksgebied. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l), BV = indicatieve basenverzadiging, M3/M5/M8/M12 = berekende verschralingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 300 (optimaal voor vochtige heide/schraalland) en 1200 (kruiden- en faunarijk grasland) µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<150	<10	<4000	<20				voldoende P-arm
6-10	151-250	11-20	4001-8000	21-50	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	51-100	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	151-300	31-50	401-800	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>300	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3	M5	M8	M12
1	0-15	bosveen, sterk kleïg, sterk veraard, bv	AP	17	46	0,7	695	10,4	129	56	97	9	7	22	17	16760	2123	5347	4,9	100		1365	44	28	14		
	15-30	bosveen, houtig	O	73	81	0,2	88	2,2	18	35	39	1	1	14	19	14400	102	810	5,6	98			51				
2	0-15	bosveen, sterk kleïg, sterk veraard, bv	AP	19	51	0,6	896	9,2	164	43	70	10	8	23	133	17024	131	1178	4,5	97			431	29	19	5	
	15-30	zand, zwak siltig, inspoeling	BC	3	21	1,4	77	4,7	229	29	96	19	20	5	41	17084	149	2314	5,6	99			55				
	30-40	zand, zwak siltig	C	2	21	1,4	56	3,9	215	24	54	21	19	4	10	10438	154	2182	4,8	99			37				
3	0-20	zand, matig siltig, bv	AP	5	16	1,2	3747	47,1	197	70	133	10	9	10	3	16699	200	2714	6,1	100			33	271	255	231	
	20-30	zand, matig siltig, bv	AP	5	18	1,2	4016	48,2	193	74	149	10	10	9													
	30-50	zand, sterk siltig	A	4	17	1,3	1172	14,7	236	38	106	10	8	6	0	13899	224	2656	6,1	100			33	68	53	29	
	50-60	zand, matig siltig, vermengd	A	3	17	1,4	988	6,3	205	25	42	11	7	4	0	11038	375	2282	6,3	100		190	47	10	10	4	
4	0-20	zand, matig siltig, vermengd, bv	AP	4	20	1,3	2741	16,2	196	36	62	18	14	9	4	13013	335	6695	6,1	100			74				
	20-35	zand, matig siltig, vermengd, bv	AP	3	17	1,3	2674	16,7	196	34	67	16	11	6										64	64	55	43
	35-45	zand, matig siltig	C	1	13	1,5	601	2,5	198	15	45	24	12	1	0	8346	1039	3232	6,7	100			8				
	45-55	zand, matig siltig	C	50	14	1,5	345	1,9	164	12	37	20	10	1													
5	0-20	zand, matig siltig, bv	AP	7	20	1,2	1609	22,9	177	51	252	8	11	11	7	15177	194	4952	5,7	100			79			72	36
	20-35	zand, matig siltig, bv	AP	8	20	1,2	1071	19,7	188	81	332	8	10	11										67	49	23	
	35-50	zand, matig siltig, opgebracht	A	3	17	1,3	801	11,9	164	49	260	7	6	8	0	13606	240	2275	6,6	100		183	75	35	21		
	50-70	zand, sterk siltig	A	5	21	1,2	1712	17,7	193	37	182	9	6	11											78	59	33
	70-80	bosveen, sterk veraard, matig kleïg	O	50	66	0,3	81	5,2	45	122	136	2	5	36	15	22742	462	2879	6,0	98			479				
6	0-20	zand, matig siltig, bv	AP	4	16	1,2	3687	38,3	173	38	117	11	11	9	25	10499	975	4506	6,5	99	10	347	66	220	207		
	20-30	zand, matig siltig, bv	AP	4	16	1,2	2891	26,3	175	32	104	9	8	7										73	68	59	48
	30-45	zand, matig siltig, geroerd	A	3	14	1,3	480	5,5	191	24	132	9	6	4	0	11155	663	3267	6,1	100		186	31	10			
	45-55	bosveen, sterk veraard	O	72	66	0,3	94	4,0	102	141	225	7	17	23	3	19149	1052	5498	6,1	100		283	159				
101	40-60	bosveen, sterk veraard, zwak kleïg	O	7	27	1,1	1079	7,5	229	90	66	14	13	14	12	17317	139	4351	5,7	100		205	92	28	25	12	
	60-70	zand, zwak siltig, moerig	BC	2	19	1,3	460	3,1	173	20	38	17	11	4													
104	35-45	zand, sterk siltig	A	5	20	1,2	2967	25,2	152	35	117	10	6	10										70	66	58	47
	45-60	bosveen, sterk veraard	O	2	18	1,3	1748	2,0	143	16	38	18	10	6	0	8355	1706	2481	6,1	98			139				
	60-70	zand, zwak siltig	C	11	34	0,8	83	12,4	139	43	76	11	9	20													

Per locatie worden de natuurontwikkelingsmogelijkheden toegelicht.

Locatie 1 (GHG: 0 cm-mv GLG: 50 cm-mv)

Deze locatie is gelegen in een recent ingericht perceel. De bodem bestaat uit bosveen waarvan de bovenste 15 cm sterk veraard is. De bodem is matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 35-56 mmol/l, Ca-z: 14400-16760 µmol/l en Fe-t: 39-97 mmol/l). De bovenste 15 cm van de bodem is licht verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 695 µmol/l en totaal-P: 10,4 mmol/l) waardoor aanvullend verschralingsbeheer vereist is voor het realiseren van een Olsen-P concentratie van 300-500 µmol/l. Op een diepte van 15-30 cm is de bodem P-arm met 88 µmol/l Olsen-P en 2,2 mmol/l totaal-P. De sterk verhoogde nitraatconcentratie (1365 µmol/l bodem) in de bovenste 15 cm van de bodem duidt op afbraak van het veen in de toplaag.

Advies: ontwikkeling van blauwgrasland in combinatie met ca. 15-30 jaar maaien en afvoeren of 15 cm (lokaal) plaggen voor ontwikkeling van blauwgrasland/kleine zeggenvegetaties.

Locatie 2 (GHG: 10 cm-mv GLG: 80 cm-mv)

Deze locatie is gelegen in een recent ingericht perceel. De bodem bestaat uit een venige toplaag op zand. De bodem is matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 24-43 mmol/l, Ca-z: 10438-17084 µmol/l en Fe-t: 52-70 mmol/l). De bovenste 15 cm van de bodem is licht verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 896 µmol/l en totaal-P: 9,2 mmol/l) waardoor aanvullend verschralingsbeheer vereist is voor het realiseren van een Olsen-P concentratie van 300-500 µmol/l. Op een diepte van 15-30 cm is de bodem P-arm met 77 µmol/l Olsen-P en 4,7 mmol/l totaal-P. De labiele nutriëntconcentraties in de bodem zijn zeer laag (P-z: <0,1 µmol/l en NO_3^-: 3-41 µmol/l).

Advies: ontwikkeling van blauwgrasland in combinatie met ca. 20-30 jaar maaien en afvoeren of 15 cm (lokaal) plaggen voor ontwikkeling van blauwgrasland/kleine zeggenvegetaties.

Locatie 3 (GHG: 80 cm-mv GLG: >150 cm-mv) en boring 101 en 102

Deze locatie is gelegen in een perceel met een heterogeen bodempakket. Bij boring 101 in het noorden van het perceel is een bouwvoor van 40 cm aanwezig op een sterk veraarde veenlaag van 20 cm op zand. Centraal in het perceel (locatie 3) is een 30 cm dikke bouwvoor aanwezig op zand en werd op een diepte van 85 cm veen aangetroffen. In het zuiden van het perceel (boring 102) is een laag van ca. 15 zand opgebracht op zand en was de bodem op een diepte van 60-80 cm kleiig.

Op locatie 3 is de bodem tot een diepte van 50 cm sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 38-74 mmol/l, Ca-z: 13899-16699 µmol/l en Fe-t: 106-149 mmol/l). De bouwvoor (0-30 cm-mv) is zeer sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3747-4016 µmol/l en totaal-P: 47,1-48,2 mmol/l). De labiele nutriëntconcentraties zijn eveneens verhoogd (P-z: 32 µmol/l en NO_3^-: 665 µmol/l). In de diepere bodemlaag (30-50 cm-mv) is de P-beschikbaarheid lager (Olsen-P: 1172 µmol/l en totaal-P: 14,7 mmol/l) en geschikt voor ontwikkeling van een kruidenrijk grasland en in combinatie met aanvullend beheer (30-50 jaar maaien en afvoeren) op den duur vochtig hooiland (onder de juiste hydrologische condities). Op een diepte van 50-60 cm in de bodem is de bodem iets minder P-rijk met 988 µmol/l Olsen-P en 6,3 mmol/l totaal-P. Ook uit metingen van diepe bodemlagen van boring 101 blijkt de bodem tot een diepte van 60 cm verrijkt te zijn met fosfaat. Pas op 60-70 cm-mv is de bodem voldoende fosfaatarm voor een dergelijke ontwikkeling van P-gelimiteerde natuur. Daarom wordt geadviseerd om het ambitieniveau aan te passen en te richten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland. Voor een optimaal kruiden- en faunarijkgrasland (Olsen-P 1200 µmol/l) onder vochtige condities is een verschralingsbeheer van circa 253 jaar maaien en afvoeren nodig of 63 jaar uitmijnen. Dergelijke verschralingstermijnen zijn niet realistisch. Door middel van maaien en afvoeren zullen de labiele nutriëntconcentraties afnemen waardoor de

kruidenrijkdom reeds kan toenemen. Omdat de GHG relatief diep is zijn alternatieve ontwikkelingsmogelijkheden eventueel ook een optie onder dergelijke drogere condities. Tijdelijk akkeren of chopperen in combinatie met het opbrengen van maaisel of een zaadmengsel (inheemse grassen en kruiden; contact opnemen met 5.1.2e, Bureau Natuurbalans) is ook een optie wanneer sprake is/blijft van relatief droge condities. Onder vochtige, voedselrijke condities kan pitrusontwikkeling optreden.

Advies: ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van kruiden- en faunarijkgrasland door middel van verschralen of andere (experimentele) maatregelen. Of 30 cm afgraven voor ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland (gericht graskruidenmaaisel inbrengen van Biodivers in samenwerking met Natuurbalans) of op den duur mogelijk veldrusschraalland/vochtig hooiland (onder de juiste hydrologische omstandigheden) in combinatie met ca. 35 jaar aanvullend maaien en afvoeren (risico op pitrusontwikkeling).

Locatie 4 (GHG: 50 cm-mv GLG: 110 cm-mv) en boring 103 en 104

Deze locatie is gelegen in een perceel met een heterogeen bodempakket. In het noorden van het perceel (boring 104) is een bouwvoor van 20 cm aanwezig op zand, met op een diepte van 45-60 cm een sterk veraarde veenlaag. Centraal in het perceel bestaat de bodem uit een bouwvoor van 35 cm op zand en in het zuiden (boring 103) bestaat de bodem uit een bouwvoor van 30 cm op een dunne leemlaag (ca. 10 cm dikte) op zand.

De bouwvoor op locatie 4 (0-35 cm) is matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 34-36 mmol/l, Ca-z: 13013 µmol/l en Fe-t: 62-67 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2674-2741 µmol/l en totaal-P: 16,2-16,7 mmol/l) en de labiele nutriëntconcentraties zijn matig verhoogd (P-z: 28 µmol/l en NO_3^-: 440 µmol/l). Op een diepte van 35-45 cm-mv is de bodem veel minder P-rijk (Olsen-P: 601 µmol/l en totaal-P: 2,5 mmol/l) en geschikt voor ontwikkeling van nat schraalland. De diepere bodemlaag (45-55 cm-mv) is P-arm met 345 µmol/l Olsen-P en 1,9 mmol/l totaal-P.

Uit aanvullende metingen van enkele bodemlagen van boring 104 (in het noorden van het perceel) blijkt de zandbodem op een diepte van 35-45 cm rijk te zijn aan fosfaat (Olsen-P: 2967 µmol/l en totaal-P: 25,2 mmol/l), evenals de onderliggende veenlaag (Olsen-P: 1748 µmol/l en totaal-P: 2,0 mmol/l). Op basis van deze gegevens zal bij een ontgronding van 35 cm in dit perceel een ruigere vegetatie ontstaan in deze zone (ruigte/struweel tegen bosrand; eventueel niet afgraven).

Advies: 35 cm afgraven voor ontwikkeling van nat heischraal grasland/kleine zeggenvegetaties onder de juiste hydrologische omstandigheden. In het noorden van het perceel zal bij een ontgronding van 35 cm een ruigte tot ontwikkeling komen (dit deel eventueel niet afgraven).

Locatie 5 (GHG: 30 cm-mv GLG: 110 cm-mv)

Op deze locatie is de bodem verstoord. Op een diepte van 80-120 cm is rietveen aanwezig met daarboven een dunne laag bosveen. De zandbodem daarboven lijkt opgebracht te zijn. De bodem is tot een diepte van 70 cm calciumhoudend- en zeer ijzerrijk (Ca-t: 37-61 mmol/l, Ca-z: 13606-15177 µmol/l en Fe-t: 182-332 mmol/l). De bodem is verrijkt met fosfaat tot een diepte van 70 cm (Olsen-P: 801-1712 µmol/l en totaal-P: 11,9-22,9 mmol/l) al kan het afgraven van 35 cm worden overwogen voor de ontwikkeling van vochtig hooiland in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer. Het is mogelijk dat de Olsen-P concentratie onder zeer ijzerrijke condities na ontgronding lager uitvalt waardoor de vereist verschralingsduur beperkt is. Dit is echter niet te voorspellen en blijft een risico. Wanneer het oorspronkelijk relief wordt hersteld zou het opgebrachte zandpakket moeten worden verwijderd (wel voldoende doorstroming van uittredend

grondwater genereren). In de veenlaag onder de zandbodem (70-80 cm-mv) is de P-beschikbaarheid een stuk lager (Olsen-P: 81 µmol/l en totaal-P: 5,2 mmol/l). Pas op 70 cm-mv is de bodem voldoende fosfaatarm voor een dergelijke ontwikkeling van P-gelimiteerde natuur. Daarom wordt geadviseerd om het ambitieniveau aan te passen en te richten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland. Voor een optimaal kruiden- en faunarijkgrasland (Olsen-P 1200 µmol/l) onder vochtige condities is een verschralingsbeheer van circa 36 jaar maaien en afvoeren nodig. Door middel van maaien en afvoeren zullen de labiele nutriëntconcentraties afnemen waardoor de kruidenrijkdom kan toenemen. Onder vochtige, voedselrijke condities kan pitrusontwikkeling optreden.

Advies: ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van kruiden- en faunarijkgrasland door middel van verschralen of 30-40 cm afgraven voor ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland of op den duur mogelijk vochtig hooiland (onder de juiste hydrologische omstandigheden) in combinatie met (maximaal) ca. 30 jaar aanvullend maaien en afvoeren (risico op pitrusontwikkeling).

Locatie 6 (GHG: 40 cm-mv GLG: 110 cm-mv) en boring 105

Op deze locatie bestaat de bodem uit zand met een sterk veraarde bosveenlaag op 45-75 cm diepte. De bodem op locatie 6 is matig tot sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 24-141 mmol/l, Ca-z: 10499-19149 µmol/l en Fe-t: 104-225 mmol/l). De bouwvoor (0-30 cm) is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2891-3687 µmol/l en totaal-P: 26,3-38,3 mmol/l) en de labiele nutriëntconcentraties zijn matig verhoogd (P-z: 10 µmol/l en NO_3^-: 347 µmol/l). Op een diepte van 30-45 cm-mv is de bodem veel minder P-rijk (Olsen-P: 480 µmol/l en totaal-P: 5,5 mmol/l) en geschikt voor ontwikkeling van nat schraalland. De diepere veenlaag (45-55 cm-mv) is P-arm met 94 µmol/l Olsen-P en 4,0 mmol/l totaal-P.

Advies: 30 cm afgraven voor ontwikkeling van blauwgrasland/vochtig hooiland onder de juiste hydrologische omstandigheden.

4. CONCLUSIES

Op basis van de resultaten kunnen de locaties opgedeeld worden in drie clusters: locaties 1 en 2 (1), locaties 4 en 6 (2) en locaties 3 en 5 (3). Waarbij locatie 4 en 6 kansrijk zijn voor ontwikkeling van P-gelimiteerde natuur en locatie 3 en 5 vanwege de hoge P-rijkdom en verstoorde bodem het minst kansrijk zijn.

Locatie 1 en 2: Locatie 1 en 2 zijn gelegen in recent ingerichte percelen. In deze percelen is de toplaag van de bodem licht verrijkt met P en kan middels een verschralingsbeheer van maaien en afvoeren binnen ca. 15-30 jaar een blauwgrasland tot ontwikkeling komen. Een andere mogelijkheid voor ontwikkeling van natte natuur is (lokaal) plaggen van de bovenste 15 cm van de bodem en maaisel van een goed ontwikkeld blauwgrasland opbrengen. Afhankelijk van de hydrologische omstandigheden kan dan een blauwgrasland of kleine zeggenvegetatie ontwikkeld worden. Bij plaggen is het van belang dat uittredend grondwater af kan vloeien, zodat een doorstroomsysteem ontstaat en stagnatie wordt voorkomen.

Locatie 4 en 6: Op locatie 4 en 6 is de bodem na 30-35 cm afgraven voldoende P-arm voor ontwikkeling (onder de juiste hydrologische omstandigheden) van een nat heischraal grasland/kleine zeggenvegetatie op locatie 4 en blauwgrasland/vochtig hooiland op locatie 6. De uiteindelijke vegetatieontwikkeling zal afhankelijk zijn van de hydrologische omstandigheden na ontgronding en andere hydrologische maatregelen die genomen worden in het gebied. Bij boring 104 nabij de bosrand zal vanwege het diepere fosfaatfront na ontgronding van 35 cm een ruigte/struweel tegen de bosrand ontstaan. Eventueel kan dit deel niet afgegraven worden.

Locatie 3 en 5: Locaties 3 en 5 zijn tot op grote diepte (60-70 cm) verrijkt met fosfaat. Een dergelijke ontgronding (tot op het veen) is niet gebruikelijk, tenzij er sprake is van herstel van het oorspronkelijk reliëf. In deze percelen wordt daarom geadviseerd om voor de ontwikkeling van een (suboptimaal) kruiden- en faunarijk grasland te gaan. Door middel van een beheer van maaien en afvoeren (en het verlagen van de labiele nutriëntconcentraties) kan de ontwikkeling langzaam worden geoptimaliseerd. Tijdelijk akkeren of chopperen in combinatie met het opbrengen van maaisel of een zaadmengsel (inheemse grassen en kruiden; contact opnemen met 5.1.2e , Bureau Natuurbalans) is ook een optie wanneer sprake is/blijft van relatief droge condities. Onder vochtige, voedselrijke condities kan pitrusontwikkeling optreden. Wanneer in deze percelen 30-40 cm afgegraven wordt kan op den duur (30-35 jaar maaien en afvoeren) een vochtig hooiland ontwikkeld worden. Na afgraven is het risico op verruiging met Pitrus groot vanwege de relatief nog hoge P-rijkdom. Het is mogelijk dat op locatie 5 met zeer ijzerrijke condities na ontgronding de Olsen-P concentratie lager uitvalt waardoor de vereist verschralingsduur beperkt is. Dit is echter niet te voorspellen en blijft een risico.

De ontwikkelingsmogelijkheden worden weergegeven in Figuur 4.

Figuur 4. Overzicht van de ruimtelijke variatie in natuurontwikkelingsmogelijkheden waarbij de ontgrondingsdieptes zijn aangegeven in cm-mv in combinatie met de natuurpotenties, waarbij ++ = 16-30 jaar verschralingsbeheer. KG = kruiden- en faunarijk grasland (* = uitgangssituatie nog te voedselrijk), HS = heischraal grasland, VH = vochtig hooiland, KZ = kleine zeggenvegetatie, BG = blauwgrasland en RG = ruigte.

Een eventuele ontgronding kan een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

Na afgraving van de P-rijke toplaag, het verwijderen van de zode of het bereiken van de gewenste verschraling (na verwijdering van de dichte soortenarme zode) wordt geadviseerd maaisel en/of plagsel uit een referentieterrein (blauwgrasland, vochtig heischraal grasland, vochtig hooiland) op te brengen (eventueel één of twee opeenvolgende jaren herhalen zolang de zode nog niet gesloten is). Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden te creëren voor de beoogde doelsoorten. Het zorgt er bovendien voor dat extra organisch materiaal wordt ingebracht na ontgraving en remt de ontwikkeling van algemene (ruigte)soorten. De eerste jaren na herintroductie volstaat het klepelen van de vegetatie. Bij een dichtere zode wordt maaien en afvoeren geadviseerd.

Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend (goede begeleiding bij de uitvoering draagt bij aan een goed resultaat). De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd. Voor natte natuurtypen zoals nat schraalland of heischraal grasland is grondwaterinvloed in de wortelzone of het maaiveld vereist van circa oktober/november t/m maart/april. In verband met het veranderende klimaat (extremere

weersomstandigheden) wordt geadviseerd de hydrologische omstandigheden regelbaar te maken met behulp van kleine stuwtjes (flexibiliteit in water vasthouden en aflaten creëren).

5. LITERATUUR

Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.

De Becker, P. (2004) Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende Alno/Padion en Alnion incanae/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.

Dorland, E., K. Eichhorn, T. Van den Broek & M. Courbois (2020) Herstel kruidenrijke graslanden op zandgrond door tijdelijk akkerbeheer. *De Levende Natuur* **121**: 86-91.

Eichhorn, K., E. Brouwer, E. Dorland, R. Ketelaar & T. van den broek (2020) Kruidenrijke natuurgraslanden ontwikkelen op fosfaatrijke grond. Wat is er mogelijk? *De Levende Natuur* **121**: 92-95.

Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma (2005) OGOR Natuur in Noord-Brabant. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.

Scherpenisse, M.C., E. Verbaarschot, B. Timmermans, R. Bobbink & P.J.M. Verbeek (2017) Graslanden in Overijssel. Advies voor kwaliteitsverbetering van kruiden- en faunarijk grasland. Natuurbalans - Limens Divergens BV, Nijmegen.

6. BIJLAGE 1: ANALYSES

Drooggewicht en organisch stofgehalte

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo af te wegen in aluminiumbakjes. De bakjes werden precies tot aan de rand afgevuld (volume = 40,5 ml), zodat de soortelijke massa van de bodem kan worden bepaald. De bodems werden gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal opnieuw gewogen en werd het vochtverlies berekend. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door via het gloeiverlies bepaald. Hiertoe werd gedroogd bodemmateriaal gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Olsenextractie

Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plantbeschikbaar fosfaat worden bepaald. Hiertoe werd aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Destructie

Door de bodem en plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega of Ethos Easy) werden geplaatst. De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. Het destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Zoutextractie

Met een zoutextractie kunnen de de zoutuitwisselbare ionen bepaald worden. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2 mol l^{-1} NaCl) gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific of, ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl^-) werd

colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

7. BIJLAGE 2: BOORPROFIELEN ATKB

Legenda:

Legenda (conform NEN 5104)

grind
- Grind, siltig
- Grind, zwak zandig
- Grind, matig zandig
- Grind, sterk zandig
- Grind, uiterst zandig

zandtest
- Zandtest, kleiig
- Zandtest, zwak siltig
- Zandtest, matig siltig
- Zandtest, sterk siltig
- Zandtest, uiterst siltig

veen
- Veen, mineraalarm
- Veen, zwak kleiig
- Veen, sterk kleiig
- Veen, zwak zandig
- Veen, sterk zandig

klei
- Klei, zwak siltig
- Klei, matig siltig
- Klei, sterk siltig
- Klei, uiterst siltig
- Klei, zwak zandig
- Klei, matig zandig
- Klei, sterk zandig

leem
- Leem, zwak zandig
- Leem, sterk zandig

overige toevoegingen
- zwak humeus
- matig humeus
- sterk humeus
- zwak grindig
- matig grindig
- sterk grindig

geur
- geen geur
- zwakke geur
- matige geur
- sterke geur
- uiterste geur

olie
- geen olie-water reactie
- zwakke olie-water reactie
- matige olie-water reactie
- sterke olie-water reactie
- uiterste olie-water reactie

p.i.d.-waarde
- >0
- >1
- >10
- >100
- >1000
- >10000

monsters
- geroerd monster
- ongeroerd monster
- volumering

overig
- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand
- slib
- water

ONDERZOEKCENTRUM B ware

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK BUFFERZONE SCHRAALLANDEN LANGS DE MEIJE

- Eindrapport + aanvulling -

Opdrachtgever: Eelerwoude • Auteurs: 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e & 5.1.2e • Projectnummer: PR-21.174 • Rapportnummer: RP-21.174.22.25 •
Datum: 12-12-2022

BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK

BUFFERZONE SCHRAALLANDEN LANGS DE MEIJE

Eindrapport + aanvulling

5.1.2e
5.1.2e
5.1.2e
5.1.2e

ONDERZOEKCENTRUM B ware

Titel rapport:
Bodem- en hydrochemisch onderzoek bufferzone Schraallanden langs de Meije

Auteurs:
5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e & 5.1.2e

Rapportnummer: RP-21.174.22.25

Opdrachtgever:
Eelerwoude

Eelerwoude

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:
5.1.2e
Tel: 5.1.2e
5.1.2e@b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2022

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding 1

1.1 Aanleiding 1

1.2 Aanpak bodemchemisch onderzoek 2

2. Materiaal en methoden 5

2.1 Veldwerkzaamheden 5

2.2 Chemische analyse 6

3. Resultaten bodemchemisch onderzoek 9

3.1 Inleiding 9

3.2 Beoogde abiotiek 9

3.3 Bodemchemie 10

3.4 Kansen voor natuurontwikkeling 15

3.5 Hydrochemie en vernatting 24

4. Synthese 31

4.1 Synthese bodemchemisch onderzoek 31

4.2 Aanvullende maatregelen 37

5. Aanvullende metingen september 2022 41

6. Literatuur 49

7. Bijlage: Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond 53

7.1 Belang fosfaatlimitatie 53

7.2 Fosfaatbeschikbaarheid 53

7.3 Verschralingsmaatregelen 54

7.4 Aanvullende (beheer)maatregelen 56

7.5 Biogeochemische processen bij vernatting 57

8. Bijlage: Ruimtelijk overzicht bodemchemie 61

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

In Zuid-Holland ligt het grootste deel van het Natura2000-gebied 'Nieuwkoopse Plassen en de Haeck'. Een deelgebied hiervan ligt in de provincie Utrecht genaamd 'Schraallanden langs de Meije' en is een bijzonder gebied vanwege de hier voorkomende blauwgraslandvegetatie en kleine zeggenvegetatie (natte schraallanden). In de laatste decennia zijn echter veel zeldzame soorten uit het gebied verdwenen (van der Welle e.a., 2012). Rondom het Natura2000 deelgebied is een prioritaire status gegeven aan de omliggende aangewezen (hydrologische) bufferzone van circa 58 ha om vereiste instandhoudingsdoelstellingen in het deelgebied te kunnen realiseren. De bufferzone is begrensd binnen het Natuurnetwerk Nederland en in bezit van Staatsbosbeheer. Zie Figuur 1.1 voor de globale ligging.

Figuur 1.1. Overzicht van de globale ligging van het onderzoeksgebied.

Door problemen als verdroging (en de daarmee gepaard gaande verzuring) en een matige waterkwaliteit worden de Natura2000-instandhoudingdoelen niet gehaald en staat het gebied onder druk (Provincie Utrecht, 2021). Mogelijke oplossingen hiervoor zijn aanpassingen in de waterhuishouding en inrichting van de bufferzone eromheen. De natuurkwaliteit in de bufferzone is momenteel beperkt (nu deels in agrarisch gebruik). Als met de (her)inrichting de natuurkwaliteit van de bufferzone zelf ook verbetert, is dat een extra winst voor het gehele gebied.

De doelstellingen voor het deelgebied zijn om de kwaliteit van het algehele Natura2000-gebied te verbeteren, het versterken van de hydrologische buffer rondom het schraalland alsmede het

versterken van de natuurkwaliteit in de bufferzone. Hiervoor dient de bufferzone te worden ingericht.

Voor deze inrichting wordt door Eelerwoude een voorlopig ontwerp (VO) opgesteld in opdracht van de Provincie Utrecht. In de bufferzone is de vraag wat de haalbaarheid is van het ontwikkelen van natuurbeheertypen uit het natuurbeheerplan, in relatie tot de ecohydrologische situatie, en welke typen maatregelen hierbij eventueel nodig of wenselijk zijn. Onderzoekcentrum B-WARE is gevraagd om een bodem- en hydrochemisch onderzoek uit te voeren naar de natuurpotenties in de bufferzone rondom de 'Schraallanden langs de Meije'. Eelerwoude verwerkt de resultaten uit dit deelonderzoek in het VO. Daarmee kunnen de inrichting en adviezen of aanbevelingen uit dit rapport getoetst worden aan of aangevuld worden met kennis uit de overige deelonderzoeken. Alles bij elkaar leidt de kennis tot een VO (kaarten en adviezen in dit rapport zijn daarom niet direct leidend voor het definitieve ontwerp).

1.2 Aanpak bodemchemisch onderzoek

De fosfaatrijkdom van de bodem is bepaald aan de hand van een bodemchemisch onderzoek. Zie Bijlage 7 voor verdere achtergrondinformatie betreffende natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden en bodemchemische processen bij vernatting. In en rondom het gebied is in het verleden vaker gemeten, waaronder in referentiegebieden. Hiervoor verwijzen we naar van Mullekom e.a. (2018), van den Broek & Smolders (2018) en van Mullekom e.a. (2019). De data gemeten in Zegveld in 2018 (van Mullekom e.a., 2019) vallen binnen de bufferzone en worden daarom in deze rapportage ook meegenomen bij de interpretatie.

Op basis van de onderzoeksresultaten wordt aangegeven op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor soortenrijke natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke (verschralings)maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. Hierbij wordt gekeken naar (1) de kansen middels een verschralingsbeheer (maaien en afvoeren of uitmijnen), (2) het afgraven van de voedselrijke toplaag, en (3) een beperkte ontgraving in combinatie met een aanvullend verschralingsbeheer. Uitbreiding van het areaal aan nat schraalland (N10.01) is een belangrijk doel. Het is hierbij afhankelijk van de plek in het ecohydrologische systeem of een eventuele ontgraving mogelijk is. Daarnaast dienen de hydrologische condities passend te zijn. Op plekken waar het te nat wordt kan worden ingezet op de ontwikkeling van een dynamisch moeras (N05.04) of veenmoeras (N05.03) onder voedselarmere condities met weinig peildynamiek. Op drogere tot vochtige voedselrijkere locaties ligt de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland voor de hand (N12.02). Tevens komt het risico op P-mobilisatie die tot verruiging kan leiden als gevolg van eventuele vernatting en de uitspoeling van nutriënten (stikstof en fosfaat) aan bod.

Concreet worden de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

- Wat is de bodemopbouw op de boorlocaties?
- Wat zijn de P-concentraties in de toplaag en wat is de verschralingsduur voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur (nat schraalland; hoog ambitieniveau) of bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland of dynamisch moeras (lager ambitieniveau)?
- Tot op welke diepte is de bodem verrijkt met fosfor, wat is de eventuele geadviseerde ontgrondingsdiepte (mits dit niet leidt tot verslechtering van de hydrologische condities in het bestaande nat schraalland) voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur?

- Zijn er mogelijkheden om natuur te ontwikkelen door middel van een beperkte ontgronding in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer?
- Welke natuurpotenties zijn er op basis van de bodemchemie?
- Wat is de kwaliteit van het ondiepe grondwater?
- Is er een risico op verruiging van de vegetatie en fosfaatnalevering na vernatting van de bodem of permanente inundatie?
- Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen bij de omvorming van de (voormalige) landbouwgronden naar soortenrijke natuurbeheertypen?

Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de verschralingsmogelijkheden en natuurpotenties op basis van de bodemchemische omstandigheden en het bodemtype. Daarnaast is de grondwaterkwaliteit van invloed op de natuurontwikkelingsmogelijkheden. De (variatie in) grondwaterstanden is eveneens van invloed op de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. De resultaten uit dit onderzoek kunnen sterk bepalend zijn voor de keuzes die bij de gebiedsinrichting gemaakt worden. De keuze van de uiteindelijke inrichtingsmaatregelen is echter niet alleen afhankelijk van de kansrijkdom qua bodemchemie. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. Een ontgronding kan bijvoorbeeld een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het systeem. Deze (geo)hydrologische aspecten worden door Eelerwoude verwerkt in het voorlopig ontwerp.

AANVULLEND ONDERZOEK

In september 2022 zijn aanvullende boringen en metingen uitgevoerd in de zones waar de ontwikkeling van nat schraalland of vochtig hooiland door middel van een verschralingsbeheer of beperkte ontgronding mogelijk was. De monsterdichtheid is vergroot om de conclusies te verifiëren. De resultaten van dit aanvullend onderzoek worden toegelicht in hoofdstuk 5.

2. MATERIAAL EN METHODEN

2.1 Veldwerkzaamheden

Op 20 januari 2022 werd door Eelerwoude op de vooraf geselecteerde 18 monsterlocaties ondiepe boringen gezet in de bufferzone (B01 t/m B18, zie Figuur 2.1). De monsterlocaties lagen verspreid over het gebied en op verschillende hoogtes t.o.v NAP. Hierbij is in eerste instantie gefocust op de hogere delen (hogere bemonsteringsdichtheid) omdat op deze locaties het verwijderen van de fosfaatrijke toplaag (mits deze maximaal 10-20 cm dik is) kansrijk werd geacht. Op deze locaties is de bodem tot 40 cm-mv bemonsterd met een Edelmanboor in laagjes van 10 cm. Het bodemprofiel en de horizonten werden tevens tot 40 cm-mv beschreven per locatie.

Daarnaast werd op een vijftal locaties het ondiepe grondwater bemonsterd uit het boorgat met behulp van een ceramische cup (W1 t/m W5).

De bodem- en watermonsters werden vervoerd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. In totaal werden 71 bodemmonsters geanalyseerd. Hieronder worden de analysemethoden nader toegelicht.

Figuur 2.1. Overzicht van de ligging van de bodem- en grondwaterlocaties in 2022 (zwarte punten) in het onderzoeksgebied op een luchtfoto. Bruine stippen=bodemmonster (B), blauwe stippen=watermonster (W). Rondom het nat schraalland liggen de bufferzones oost, zuid en west. In bufferzone west zijn ook vijf metingen uit 2018 weergegeven.

2.2 Chemische analyse

Voor de bodemmonsters zijn de volgende variabelen bepaald:

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid (massavolume);
- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);
- pH-zout en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. ammonium, nitraat en calcium;
- oxalaatextractie t.b.v. fosfaatverzadigingsgraad.

Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid (massavolume)

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo af te wegen in aluminiumbakjes. Vervolgens werd het bodemmateriaal gedroogd gedurende 48 uur bij 60 °C. Omdat de bakjes precies tot aan de rand werden afgevuld (volume = 40 ml) konden later ook de concentraties worden omgerekend naar mol per liter bodemvolume. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550 °C. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Plantenbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen e.a., 1954) bepaald. Het principe van deze extractiemethode is dat natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) zorgt voor een daling van de concentratie opgeloste calciumionen via de vorming van onoplosbaar calciumcarbonaat ($CaCO_3$). Hierdoor stijgt de concentratie opgelost fosfaat. Natriumbicarbonaat brengt ook de labiele, voor planten snel beschikbare, proportie van de organische fractie in oplossing. Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4 °C bewaard tot verdere analyse. De Olsen-P concentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmateriaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2, 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milli Q water. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4 °C bewaard voor verdere analyse. Concentraties van elementen werden berekend in µmol per liter bodem.

Zoutextractie (NaCl-extractie)

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden ionen verdrongen door natrium en chloride. Met deze extractie kan onder andere de pH, ammonium- en nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden. Daarnaast kan op basis van de aluminium/calcium-ratio een goede inschatting gemaakt worden van de buffercapaciteit van de bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol l^{-1} natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 120 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het supernantant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. De elementenconcentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Oxalaatextractie

Met een oxalaatextractie kan de concentratie ijzer- en aluminiumgebonden fosfaat worden bepaald. Dit is de adsorptiecapaciteit aan amorfe ijzer- en aluminiumhydroxiden. Op basis van de P-ox, Fe-ox en Al-ox werd de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) berekend. Hiervoor werd vers materiaal ingewogen overeenkomstig met 2,5 gram droog materiaal en met 50 ml extractiemedium ((COONH4)2.H2O: 0,12 mol l-1 en H2C2O4: 0,12 mol l-1) uitgeschud op een schudmachine bij 105 rpm. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons en het filtraat werd niet-aangezuurd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) in bodemextracten werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP; Thermo Electron Corporation, ICP-OES iCAP 6000). De concentraties nitraat (NO_3^-) en ammonium (NH_4^+) werden colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyzer III met behulp van respectievelijk salicylaatreagens en hydrazinesulfaat. Chloride (Cl^-) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Technicon auto-analyzer III systeem met behulp van resp. mercuritiocyanide, en ammoniummolybdaat en ascorbinezuur. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Technicon Flame Photometer IV Control.

3. RESULTATEN BODEMCHEMISCH ONDERZOEK

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodemchemisch onderzoek beschreven. In paragraaf 3.2 wordt de beoogde abiotiek beschreven. In paragraaf 3.3 wordt de algemene bodemchemie en fosfaatbeschikbaarheid beschreven en in paragraaf 3.4 worden de kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur besproken en welke maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. Waar mogelijk worden de data van 'Zegveld 2018' meegenomen in de interpretatie. Tenslotte worden in paragraaf 3.5 de hydrochemie van het grondwater en de risico's van vernatting besproken.

Voor meer informatie over de biochemie en potenties in omringend gebied, waaronder referentiegebieden verwijzen we naar van Mullekom e.a. (2018), van den Broek & Smolders (2018) en van Mullekom e.a. (2019). De bodemchemische data van de referentiegebieden is tevens opgenomen in de bijlage, zie Tabel 8.1.

3.2 Beoogde abiotiek

Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid voldoende laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P concentratie een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie en totaal-P de totale voorraad is (wat op termijn beschikbaar kan komen voor planten). De Olsen-P waarde kan bij verschillende de totaal-P concentraties sterk variëren afhankelijk van de ijzer- en calciumconcentraties en/of de kleiigheid van de bodem. Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen worden in dit rapport de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (data Onderzoekcentrum B-WARE):

- Nat schraalland: (<)300-500 µmol/l bodem;
- Vochtig hooiland: 300-800/900 µmol/l bodem;
- Soortenrijk kruiden- en faunarijk grasland: 900-1200 µmol/l bodem;
- Kruiden- en faunarijk grasland: >1200 µmol/l bodem (P-z < 2 µmol/l en/of nitraat <50-100 µmol/l).
- Grote zeggen- of rietmoeras: (<)300-800(-1200) µmol/l bodem;
- Veenmosrietland (als maat voor veenmoeras): 250-750 µmol/l bodem (van Diggelen et al., 2018).

Op voedselrijkere bodems kan riet in de regel ook goed groeien. Onder permanent natte en voedselrijke omstandigheden bestaat echter het risico dat riet de competitie verliest van soorten die meer zuurstof in de bodem kunnen brengen, sneller kunnen groeien bij een hogere nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem en goed onder water kunnen kiemen, zoals Grote Lisdodde (*Typha latifolia*) (Belgers & Arts, 2003; Lucassen e.a., 2017). Onder voedselrijkere condities is er (bij de ontwikkeling van een dynamisch moeras: N05.04) een grotere risico op verruiging met wilgen en elzen. Een veenmoeras (N05.03) is voedselarmer en vereist een stabiel waterpeil (maximaal 20 cm fluctuatie tussen zomer en winter)(www.bij12.nl).

De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem weer waarvan een (groot) deel op termijn weer beschikbaar kan komen voor planten (zeker bij een verandering van de redoxtoestand van de bodem door het nemen van vernattingsmaatregelen). Vanwege het feit dat

planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties (gehalten) in deze rapportage hoofdzakelijk uitgedrukt per liter verse bodem.

De gemiddelde Olsen-P concentratie in referentiegebieden (nat schraalland) in de Schraallanden langs de Meije was 420 µmol/l en de totaal-P concentratie was gemiddeld 10 mmol/l verse bodem. De P-z concentratie was < 1 µmol/l (Tabel 8.1).

Naast de fosfaatbeschikbaarheid is vooral de buffercapaciteit (o.a. calciumgehaltes en zuurgraad) en (grond)waterstanden- en kwaliteit van belang voor de mogelijke natuurontwikkeling. In Tabel 3.1 wordt een overzicht gegeven van de grondwaterstanden (GLG en GHG) die passen bij verschillende vochtige tot natte natuurtypen.

Qua buffering geldt dat bodems met een totaal-Ca concentratie van >20 mmol/l en een Ca-z concentratie van circa 10.000-30.000 µmol/l onder de juiste hydrologische omstandigheden (essentieel!) geschikt zijn voor de ontwikkeling van blauwgrasland. Op zwak gebufferde locaties ligt de ontwikkeling van een heischraalgrasland of kleine zeggenvegetatie meer voor de hand (totaal-Ca 10-20 mmol/l en Ca-z circa 4.000-8.000 µmol/l). Veenmosrietland is doorgaans minder gebufferd (circa 500-2.000 µmol/l) (van Diggelen et al., 2018).

In de referentiegebieden (nat schraalland) in de Schraallanden langs de Meije was de totaal-Ca concentratie gemiddeld 48 mmol/l en Ca-z 18.000 µmol/l (Tabel 8.1). Het betrof hier kleiige veenbodems met een organisch stofgehalte van circa 50% en een pH-z van gemiddeld 4,4.

Tabel 3.1. Gemiddelde hoogste (GHG) en laagste (GLG) grondwaterstand, pH-H_2O en fosfaatconcentraties in de bodem van enkele natte (grondwaterafhankelijke) natuurbeheertypen (optimumranges). Bronnen: Ertsen e.a. (2005); GRIP-database Onderzoekcentrum B-WARE, niet gepubliceerde data; De Becker (2004).

Natuurdoeltype	GHG (cm)	GLG (cm)	Trofiegraad	Olsen-P (umol/l FW)
Nat heischraalgrasland	0 tot 40- mv	40- tot 120 - mv	oligo-/mesotroof	150-400
Kleine zeggenmoeras	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	oligo-/mesotroof	100-500
Blauwgrasland	0 tot 25- mv	40- tot 80- mv	oligo-/mesotroof	200-500
Dotterbloemhooiland/ veldrusschraalland	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	meso-eutroof	300-800 (tot1200)
Groot zeggenmoeras	20 + tot 0 mv	10+ tot 50- mv	meso-zeer eutroof	300-800 (tot1200)
Rietmoeras	20 + tot 0 mv	11+ tot 40- mv	matig- zeer eutroof	-
Wilgenstruweel	40+ tot 0 mv	10+ tot 40- mv	eutroof- zeer eutroof	-

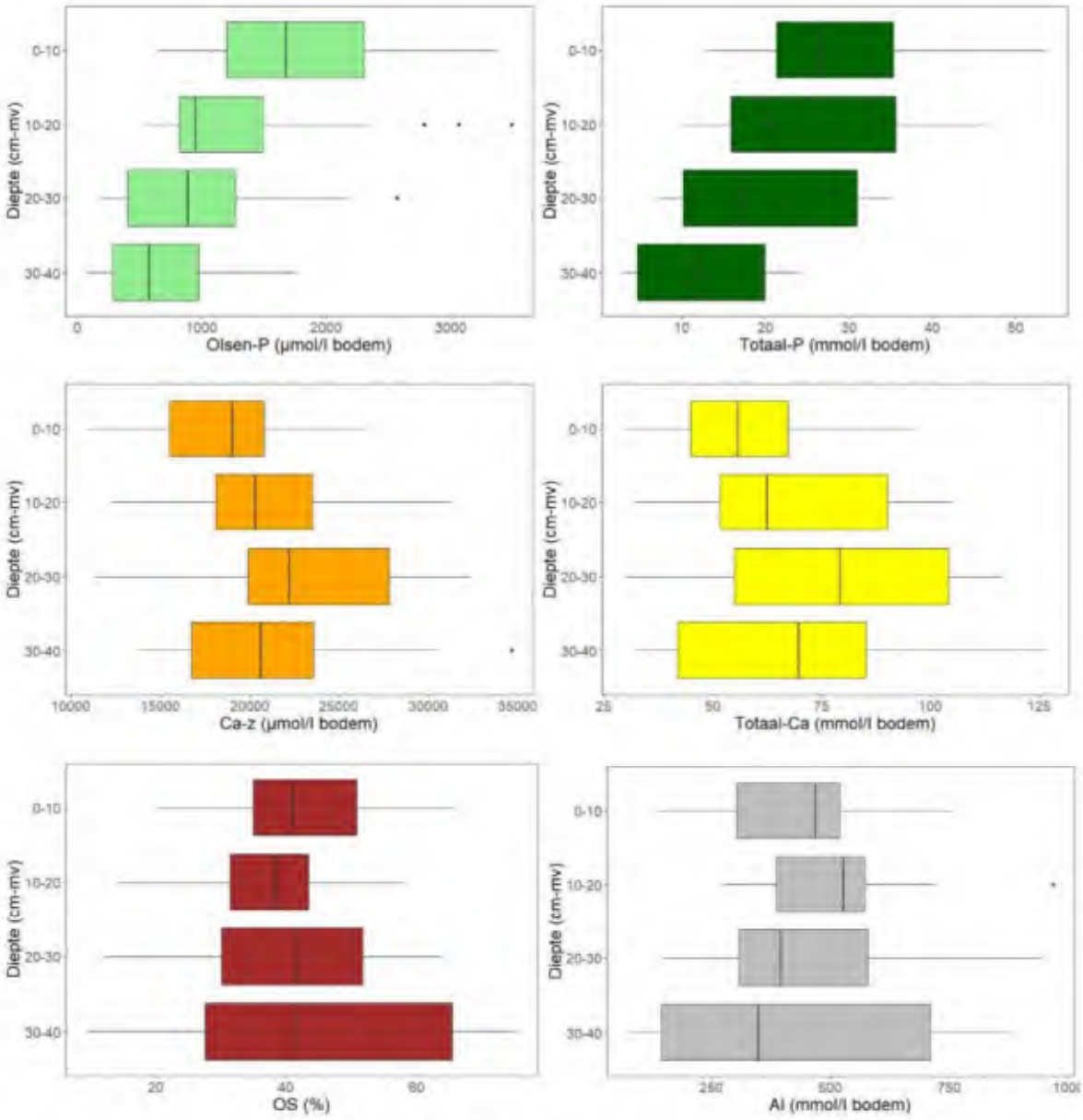
3.3 Bodemchemie

Algemene bodemchemie

In Figuur 3.1 worden boxplots van een aantal belangrijke bodemchemische variabelen weergegeven op verschillende diepten. In het onderzoeksgebied is sprake van bodems met doorgaans een toplaag van veraard veen en lokaal organische klei(ig veraard veen). In het gebied is lokaal sprake van klei(ige)ruggen. Wanneer veen mineraliseert (als gevolg van verdroging) neemt het percentage organische stof af en de kleiigheid (Al-tot) toe (Figuur 3.3 linksboven). De variatie in het gebied is echter groot waardoor geen duidelijke trend in de diepte zichtbaar is (Figuur 3.1 onder).

De toplaag van de bodem (0-10 cm-mv) is rijk aan plantbeschikbaar fosfaat (± 1000-2500 µmol Olsen-P/l bodem) en totaal-P (± 20-35 mmol/l bodem tot lokaal 54 mmol/l) (Figuur 3.1 boven en Figuur 8.1). In de laag onder de toplaag (10-20 cm-mv) zijn de totaal-P en met name de Olsen-P en concentraties doorgaans (iets) lager. De Olsen-P en totaal-P concentraties nemen verder af in de diepte en zijn gemiddeld het laagst op 30-40 cm-mv. Er is dus overwegend een gradiënt

aanwezig naar fosfaatarmere condities dieper in de bodem (Figuur 3.1). De variatie tussen de locaties is echter relatief groot. Per locatie wordt later nader ingegaan op de potenties. Een vergelijkbaar beeld werd waargenomen in de quickscan in Zegveld (van Mullekom e.a., 2019). Hier zijn ook metingen op 40-50 cm-mv uitgevoerd, waar er fosfaatarmere condities waren dan op 30-40 cm-mv. De toplaag was in die betreffende zone minder verrijkt met fosfaat.



Figuur 3.1. Boxplots van de Olsen-P, totaal-P, Ca-z, Ca-totaal, Al-totaal concentraties en het percentage organische stof van de geanalyseerde bodems in 2022. In de Boxplot is onderscheid gemaakt tussen de verschillende bemonsteringsdiepten (cm-mv). De Box geeft het bereik tussen het 25e en 75e percentiel weer. De Whiskers (horizontale lijnen) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer.

De bodem in het onderzoeksgebied is overwegend matig rijk tot rijk aan ijzer met een gemiddelde concentratie totaal-Fe van 188 mmol/l bodem (Tabel 3.2, Tabel 3.3 en Tabel 3.4). Er zijn enkele

bodemlagen aanwezig welke (zeer) rijk zijn aan ijzer, met concentraties > 250 mmol/l bodem. Dit zijn met name de meest kleiige bodems (hoog totaal Al-gehalte). De hoogste ijzerconcentraties in de bodem zijn aanwezig op locatie 1. In Zegveld werden met name in de diepere bodems relatief lagere ijzerconcentraties gemeten (< 50 mmol/l). Hoge ijzerconcentraties duiden meestal op (voormalige) invloed van ijzerrijke kwel of afzettingen van ijzerrijk slib. In dit gebied zal het ijzer voornamelijk afkomstig zijn uit de oxidatie van veen, waarbij het hierbij vrijkomende ijzer neerslaat en niet uitspoelt. Het ijzer uit het veen is ooit via grondwater aangevoerd tijdens de veenvorming. IJzer(hydr)oxides binden goed fosfor, waardoor dit in ijzerrijke bodems eenvoudig kan accumuleren.

De bodem in het onderzoeksgebied is matig rijk tot rijk aan calcium met een gemiddelde concentratie totaal-Ca van 68 mmol/l bodem en uitwisselbaar-Ca (Ca-z) ± 21.100 µmol Ca-z/l bodem. Zowel de concentratie totaal-Ca als Ca-z nemen gemiddeld iets toe in de diepte tot 30 cm, maar de ranges van alle dieptes overlappen sterk (Figuur 3.1 midden). De gemiddeld iets lagere concentraties in de toplaag zijn waarschijnlijk het gevolg van de oxidatie van ammonium (na bemesting) en zwavel als gevolg van veenoxidatie. Dit zijn beide verzurende processen, waarbij kalk in oplossing gaat. De concentraties op 30-40 cm-mv (waar de bodem natter en minder veraard is) zijn de Ca-concentraties per liter bodem lager, maar liggen ze nog steeds binnen de range van nat schraalland/vochtig hooiland. De bodems waren verder ook matig rijk tot rijk aan verweerbaar aluminium (als een maat voor de lutumfractie in de bodem). Door het relatief hoge ijzer-, calcium- en kleigehalte van de bodem heeft de bodem een hoge P-bindingscapaciteit. Hierdoor is de P-beschikbaarheid (Olsen-P t.o.v. totaal-P) overwegend laag (gemiddeld 5% ± 2%) en de fosfaatverzadigingsgraad matig (Figuur 4.1, gemiddeld 17% ± 10%). Ook bij de eerder gemeten locaties in Zegveld was de P-beschikbaarheid gemiddeld relatief laag (Tabel 3.4).

Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur is het niet alleen van belang dat de fosfaatconcentraties laag genoeg zijn, maar ook de concentratie stikstof mag niet te hoog zijn. De concentraties nitraat en ammonium zijn bepaald in de zoutextracten (Figuur 8.2 en Tabel 3.2, Tabel 3.3 en Tabel 3.4). De stikstofconcentraties zijn laag (<50-100 µmol/l) tot zeer hoog (> 800-1000 µmol/l) met een nitraatrange van 3 tot 1402 µmol/l bodem en gemiddelde van 439 µmol/l. Hoge nitraatconcentratie zijn veelal het gevolg van veenafbraak gevolgd door oxidatie van ammonium en/of bemesting. De ammoniumconcentraties zijn iets lager met een gemiddelde van 306 µmol/l. Op locatie 4, 6, 7, 8, 9, 13, 16 zijn hoge nitraat- en/of ammoniumconcentraties gemeten in de bemonsterde diepten (> 800 µmol/l).

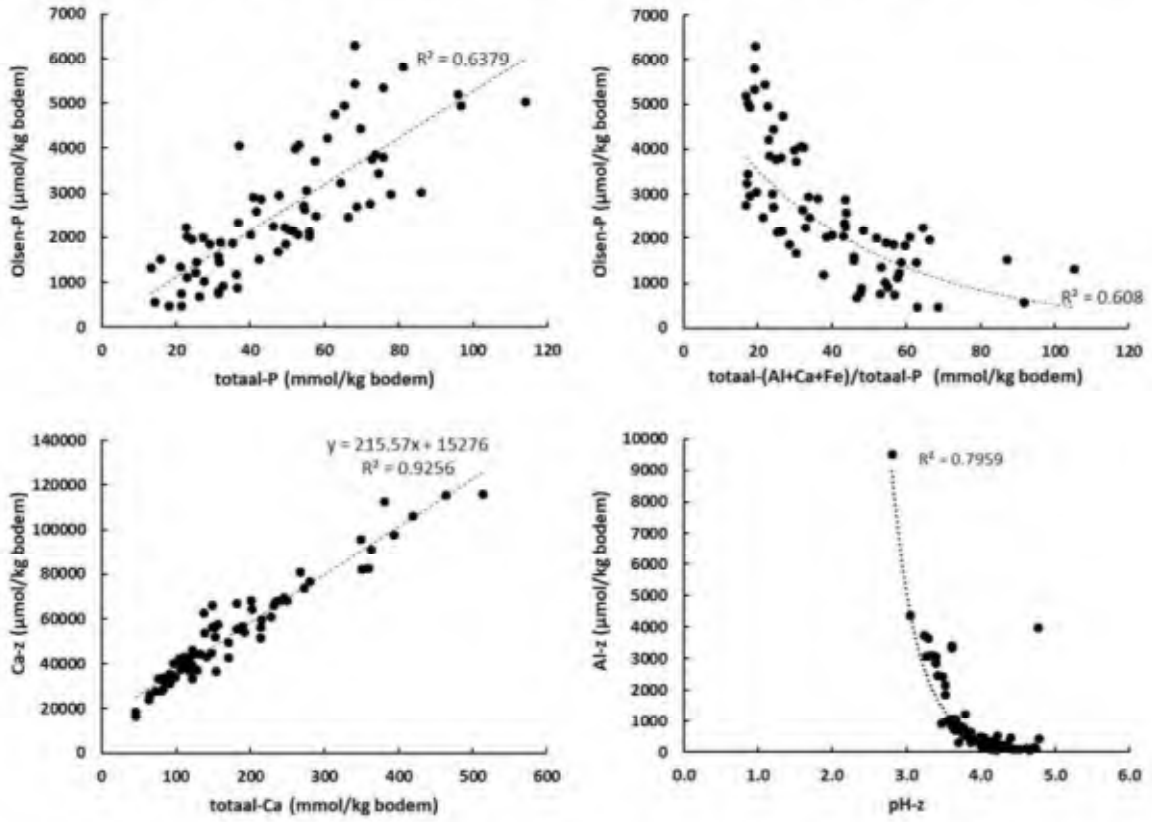
Hoge stikstofconcentraties zijn vaak een minder groot probleem voor de beoogde natuurontwikkeling dan fosfaat. Nitraat is, in tegenstelling tot fosfaat, relatief mobiel en zal als gevolg van uitspoeling en nitrificatie- en denitrificatieprocessen op een natuurlijke manier uit het systeem verdwijnen (zie ook Figuur 7.4). De uitspoeling van nitraat naar het grondwater kan wel een negatief effect hebben op de grondwaterkwaliteit. Het kan leiden tot anaerobe veen- en pyrietoxidatie en daarmee tot sulfaatverrijking van het grondwater (ook aerobe veenoxidatie - door zuurstof- leidt tot sulfaatverrijking).

De labiel gebonden P-concentraties die in het zoutextract (P-z) zijn gemeten zijn overwegend matig tot laag (<5 µmol/l) (Tabel 3.2, Tabel 3.3 en Tabel 3.4). Dit is positief. De hoogste P-z concentraties werden gemeten in de toplaag van de bodem op locatie 6 en 11 en dieper in de bodem op locatie 18. Voor de ontwikkeling van soortenrijke kruiden- en faunrijke graslanden zijn lage P-z concentraties gewenst (<1-2 µmol/l bodem).

Bodemcorrelaties

In Figuur 3.2 (linksboven) zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van de geanalyseerde bodems uit 2022 tegen elkaar uitgezet. Als gevolg van verschillen in grondgebruik (bemestingsduur en -intensiteit), bodemtype (klei of veen), mate van veenoxidatie, bodemdiepte en bodemchemie (variatie in ijzer- en/of calciumconcentraties), zijn verschillen in Olsen-P en totaal-P concentraties aanwezig. Er is een sterke positieve correlatie aanwezig tussen de totale voorraad aan fosfor en beschikbaar P voor planten (Olsen-P).

De P-beschikbaarheid wordt sterk beïnvloed door de concentraties ijzer, calcium en aluminium. In bodems kan fosfor namelijk zeer effectief geïmmobiliseerd worden door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $Fe_3(PO_4)_2$ (onder anaerobe condities) en $FePO_4$ onder aerobe condities. Naast ijzer zorgt ook calcium voor fosfaatbinding in de bodem. Dit calcium gebonden-P is meestal slecht oplosbaar en komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook klei/leem deeltjes (de totaal-aluminium concentratie is indicatief voor het lutumpercentage) zijn een sterke P-binder. De calcium-, ijzer- en aluminiumconcentraties kunnen de beschikbaarheid van fosfaat dus beïnvloeden. In Figuur 3.2 (rechtsboven) is deze correlatie weergegeven. Op plaatsen waar de bodem rijk is aan ijzer, calcium en aluminium ten opzichte van totaal-P, blijft de P-beschikbaarheid voor planten doorgaans laag.



Figuur 3.2. Correlaties tussen enkele relevante bodemchemische variabelen gemeten in 2022 in de beoogde bufferzone. De concentraties zijn uitgezet per kg droge bodem.

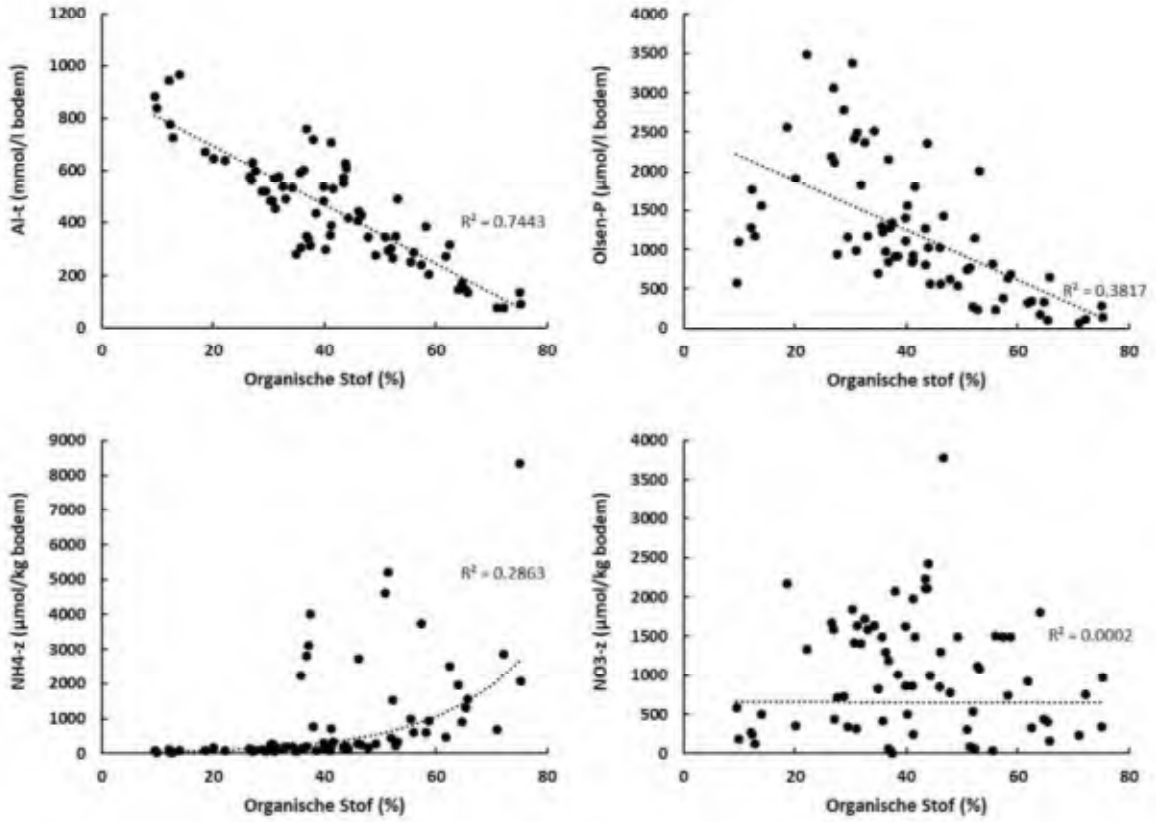
Behalve de nutriëntenbeschikbaarheid is de zuurgraad van de bodem in belangrijke mate sturend voor de vegetatieontwikkeling. De buffercapaciteit geeft de mate aan waarin een bodem in staat is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties. Bij bodem-pH waarden hoger dan pH 6,2 hebben we te maken met (bi)carbonaatbuffering. Wanneer in de bodems geen carbonaat meer aanwezig is, komt de bodem in het kation-uitwisselings-buffertraject terecht. Dit buffertraject

bevindt zich globaal tussen een pH van 4,5 en 6,5. De pH in het zoutextract (pH-z) varieert tussen de 3 en 5, en de bodems worden dus deels gebufferd door kation-uitwisseling. De pH-zout is overwegend 0,5-1 pH eenheid lager dan de pH water. Een zoutextract geeft tevens een beeld van de hoeveelheid uitwisselbare kationen.

Uit Figuur 3.2 (linksonder) blijkt dat de concentratie totaal-Ca en de gemakkelijk uitwisselbare calciumconcentratie (Ca-z) zeer goed correleren. De totaal-calciumconcentratie is dan ook, net als de concentratie zoutextraheerbaar calcium (Ca-zout), een indicatieve parameter voor het vaststellen van de mate van buffering van een bodem. Deze parameters zijn in grote mate bepalend voor de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen (zie paragraaf 3.4). Indien het bodemadsorptiecomplex volledig is opgeladen met basische kationen (Ca^{2+}, Mg^{2+} en K^{+}) is de basenverzadiging 100%. In het gebied is de indicatieve basenverzadiging gemiddeld 94% (Tabel 3.2, Tabel 3.3 en Tabel 3.4), dus het bodemadsorptiecomplex is grotendeels opgeladen met basische kationen. Dit is positief voor de ontwikkeling van nat schraalland.

In niet tot zwak gebufferde bodems kan de bodem in de aluminiumbufferrange (pH < 4,5) komen. De basische kationen zijn dan vervangen door zuurionen of aluminium (H^{+} en Al^{3+}) en de concentratie zuurionen in het bodemvocht neemt dan toe en de pH zal dalen. Naarmate de pH lager wordt neemt de aluminiumconcentratie in het zoutextract toe. Dit komt omdat aluminiumhydroxiden in oplossing gaan bij een lage bodem-pH. Hogere Al-z concentraties zijn dan ook waargenomen in bodems met een lagere pH-z (Figuur 3.3, rechtsonder).

De bodem in het gebied betreft, naast enkele klei(ige) bodems, grotendeels veenbodems die verschillen in de mate van veraardheid. Wanneer een veenbodem meer veraard is (door droogval), zal de aluminiumconcentratie (als maat voor lutumdeeltjes) in de bodem relatief hoger worden, door het verdwijnen van organisch stof. Dit is ook te zien in de sterke correlatie tussen het Al-t (o.b.v. liter verse bodem) en het organische stofgehalte (Figuur 3.3 linksboven). De Olsen-P concentratie neemt doorgaans toe naarmate de bodem meer veraard of meer kleiig is (lagere organisch stof) (Figuur 3.3 rechtsboven). Tevens is het labiel gebonden ammonium lager in meer veraarde bodems (Figuur 3.3 linksonder), mogelijk als gevolg van de nitrificatie van ammonium naar nitraat bij zuurstofindringing. De nitraatconcentratie is op veel locaties (zeer) hoog en zeer variabel tussen locaties en dieptes, waarschijnlijk mede afhankelijk van verdere denitrificatieprocessen en/of recente bemesting. Wanneer we alleen naar de toplaag (0-10 cm-mv) kijken dan lijkt dat in de bodems met een lagere pH overwegend de hogere nitraatconcentraties worden gemeten. Als gevolg van de oxidatie van ammonium (vrijgekomen als gevolg van mineralisatie) naar nitraat kan veel zuur worden geproduceerd.



Figuur 3.3. Correlaties tussen enkele relevante bodemchemische variabelen en organische stof gemeten in 2022 in de beoogde bufferzone. De concentraties zijn uitgezet per l verse bodem of kg droge bodem. Organische stof is weergegeven als percentage.

3.4 Kansen voor natuurontwikkeling

Per deelgebied (Figuur 2.1, Tabel 3.2, Tabel 3.3 en Tabel 3.4) worden de belangrijkste bodemchemische variabelen kort toegelicht. Het bodemtype en de totale ijzer- en calciumconcentraties van de bodem zijn met name relevant met het oog op de potentiële natuurbeheer-/habitattypen. Hoge ijzer- en/of calciumconcentraties in de bodem dragen bij aan een lage fosfaatbeschikbaarheid, maar ook de eventuele aanvoer van ijzer- en/of calciumrijk grondwater draagt hieraan bij, alsmede de (historische) oxidatie van veen waarbij ijzer vrijkomt en als ijzer(hydr)oxide ophoopt in de geoxideerde (veraarde) veenlaag. Tevens is de calciumconcentratie een maat voor de buffering van de bodem.

Welke natte natuurbeheertypen zich daadwerkelijk in het gebied kunnen ontwikkelen is dus afhankelijk van de voedselrijkdom van de bodem, maar ook van de mate van buffering van de bodem, het bodemtype en van de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater (paragraaf 3.2) en eventuele beïnvloeding door oppervlaktewater.

Wanneer voedselarme tot matig voedselrijke condities worden ontwikkeld voor grondwaterafhankelijke/gebufferde natuurtypen is het essentieel om de hydrologische omstandigheden te optimaliseren. Dit maakt in principe geen onderdeel uit van dit biochemische deelonderzoek, maar wordt door Eelerwoude meegenomen in het uiteindelijke ontwerp.

Verschralingsduur

Om soortenrijke natuurtypen tot ontwikkeling te kunnen laten komen, is een verschralingsbeheer vaak noodzakelijk om de fosfaatbeschikbaarheid te reduceren. Verschraling kan plaatsvinden door maaien en afvoeren, uitmijnen of het verwijderen van de fosfaatrijke toplaag. In de toelichting worden per deelgebied de kansen voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde natuur beschreven. Wanneer de vereiste inrichtingsmaatregelen voor schrale doeltypen te ingrijpend of niet te realiseren zijn kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past, onder droge tot vochtige condities, bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland met een Olsen-P streefconcentratie van circa 900-1200 µmol/l. Dit is slechts een indicatieve streefwaarde: 'kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet.

In de overzichtstabellen (Tabel 3.2, Tabel 3.3 en Tabel 3.4) zijn per locatie onder andere de fosfaatconcentraties opgenomen (Olsen-P en totaal-P). Op basis van de verhouding tussen de Olsen-P- en P-totaal-concentratie (beschikbare P-fractie) is een P-totaal streefconcentratie berekend (deze varieert op basis van de P-beschikbaarheid die beïnvloed wordt door o.a. de kleiigheid, ijzer- en calciumconcentraties van de bodem). Op basis van het verschil tussen de streefconcentratie en de actuele totaal-P concentratie is per bemonsterde laag een verschralingsduur berekend bij traditioneel beheer van maaien en afvoeren (P-afvoer: 10 kg/ha/jaar) (Chardon, 2008). Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 6 mmol/l.

In het veenweidegebied is het mogelijk dat de P-afvoer hoger uitvalt dan 10 kg/ha/jaar, door een relatief hoge grasproductie. In een onderzoek naar uitmijnmogelijkheden in de Krimpenerwaard werd bij een regulier beheer met 4 à 5 snedes per jaar een P-afvoer van circa 25 kg/ha/jaar gerealiseerd (in de eerste twee jaar) (van Eekeren et al., 2021). Hoe lang deze afvoer haalbaar blijft, is niet onderzocht. In de bufferzone in de Meije is het daarom mogelijk dat de berekende verschralingstermijnen in de overzichtstabellen in de praktijk lager uitvallen.

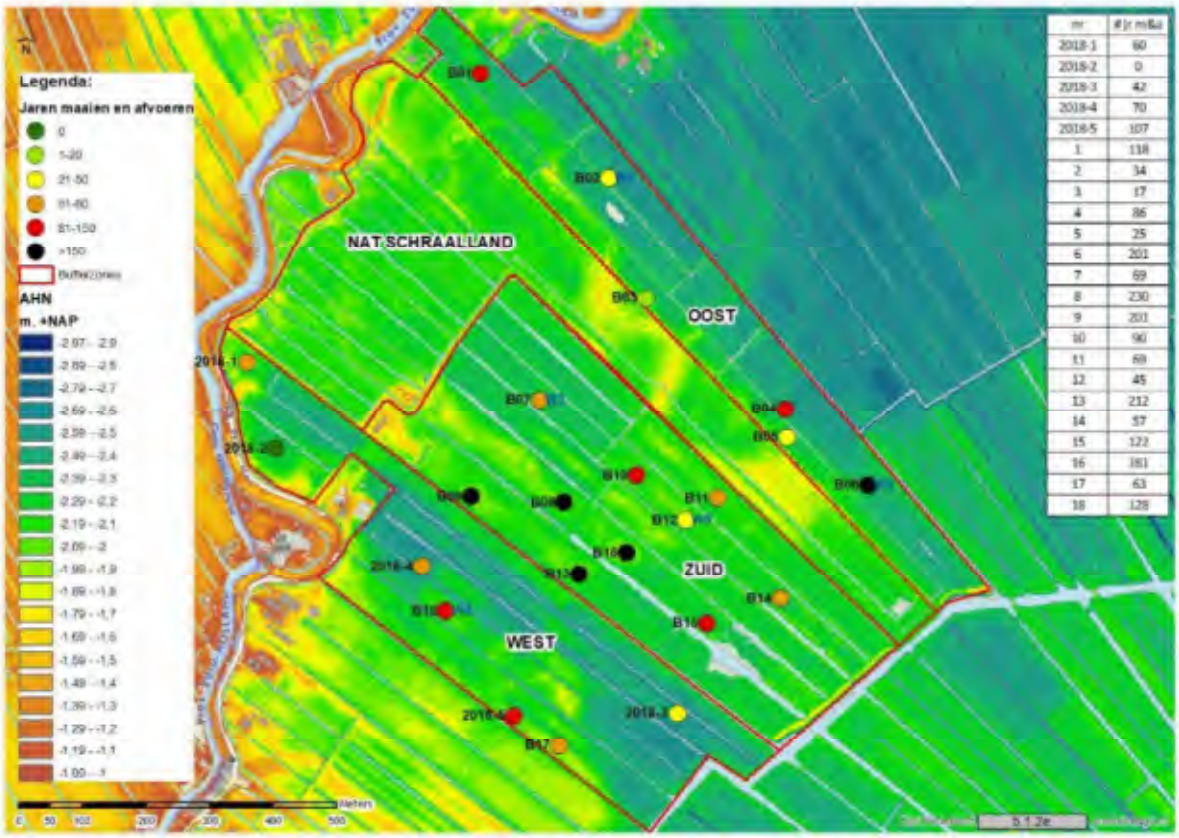
Gericht uitmijnen met een grasklaver-mengsel (met K-bemesting) of een productieve graszode (met N- en K-bemesting) gaat vier keer zo snel (P-afvoer: 40 kg/ha/jaar) als maaien en afvoeren. In de schraallanden langs de Meije is sprake van (zeer) natte omstandigheden. Hierdoor is gericht uitmijnen op deze manier (meerdere keren maaien per jaar) op de meeste locaties waarschijnlijk geen reële optie. Tevens dient men zich te beseffen dat na het realiseren van de beoogde verschraling een omvormingsbeheer nodig is zodat de soortenarme landbouwzode plaatsmaakt voor de beoogde doelvegetatie. Dit kan door het plaggen, chopperen of frezen van de toplaag/zode in combinatie met herintroductie. Een alternatief is het inzetten op natte teelten (paludicultuur; zie box). Het is echter de vraag of dit past binnen de beoogde natuurontwikkeling van het gebied.

Paludicultuur

Paludicultuur is een nieuwe vorm van landbouw die geschikt is om toe te passen in gebieden met een hoge grondwaterstand, zoals veengebieden. Gewassen die verbouwd kunnen worden zijn bijvoorbeeld lisdodde, veenmos, kroosvaren, cranberries, riet, wilgen en wilde rijst. Bij paludicultuur draait het om het ontwikkelen van duurzaam en economisch rendabel gebruik van natte (voormalige landbouw-)gronden. Met innovatieve technieken kunnen deze worden beheerd in een overgangsfase en ontstaan er kansen voor natuurontwikkeling (Fritz e.a., 2014), bijvoorbeeld in hydrologische bufferzones. Verbouwen en oogsten van gewassen zoals lisdodde of grote kroosvaren (*Azolla filiculoides*) bevordert de versnelde afvoer van nutriënten in natte gronden waar fosfaat gemakkelijk wordt gemobiliseerd. Door bijvoorbeeld de biomassa van vitaal groeiende lisdodde in het najaar te oogsten kan 30-50 kg P/ha/jaar worden afgevoerd (Fritz e.a., 2014). Daarnaast leidt dit tot een verbetering van de waterkwaliteit. De P-afvoer komt overeen met een effectief uitmijnbeheer onder droge omstandigheden. Een belangrijk nadeel van de inzet van Lisdodde is echter dat er fors bijgemest moet worden met stikstof. Door uit te mijnen met Grote Kroosvaren is dit niet nodig omdat deze soort samenleeft met symbiontische algen die stikstof binden uit de atmosfeer.

Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte dienen, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van ca 20 cm bij elkaar te worden opgeteld (let op: dus niet alleen de verschralingsduur voor de uiterste toplaag van 0-10 cm volstaat).

In Figuur 3.4 is een ruimtelijk overzicht gegeven van de indicatieve verschralingsduren van de toplaag per locatie tot een Olsen-P streefconcentratie van 500 µmol/l. De gemiddelde verschralingsduur is 97 jaar maaien en afvoeren op basis van een P-afvoer van 10 kg/ha per jaar. Dit komt overeen met circa 20-25 jaar uitmijnen bij een P-afvoer van 40-50 kg/ha per jaar. Bij de adviezen per bufferzone komt per locatie aan bod welke maatregel wordt geadviseerd.



nr	# jr mêd
2018-1	60
2018-2	0
2018-3	42
2018-4	70
2018-5	107
1	118
2	34
3	17
4	86
5	25
6	201
7	69
8	230
9	201
10	90
11	69
12	45
13	212
14	57
15	122
16	181
17	63
18	128

Figuur 3.4. Overzicht met de ruimtelijke variatie in de verschralingsduur (maaien en afvoeren in jaren) van de toplaag van de bodem (0-20 cm) op een hoogtekaart. De verschralingsduur is berekend tot een Olsen-P streefconcentratie van 500 µmol/l bodem (totaal-P ondergrens: 6 mmol/l) bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar. Het betreft een indicatieve verschralingsduur. In het veenweidegebied is het mogelijk dat de P-afvoer (de eerste jaren) hoger uitvalt dan 10 kg/ha/jaar, door een relatief hoge grasproductie. In een onderzoek naar uitmijnmogelijkheden in de Krimpenerwaard werd bij een regulier beheer met 4 à 5 snedes per jaar een P-afvoer van circa 25 kg/ha/jaar gerealiseerd (in de eerste twee jaar) (van Eekeren et al., 2021). Door vaker te maaien kan de verschralingsduur dus worden verkort.

Kansen voor natuurontwikkeling per deelgebied

In deze paragraaf worden op basis van met name van bodemtype en de bodemchemie de kansen voor natuurontwikkeling per (zone in het) deelgebied besproken. In overleg met Eelerwoude (hydrologische input) zijn per zone de natuurontwikkelingsmogelijkheden en vereiste maatregelen vastgesteld. De locaties B01 t/m B06 liggen binnen de oostelijke buffer waar er wensen zijn voor de ontwikkeling van nat schraalland (N10.01). Locaties B07 t/m B16 liggen in de zuidelijke buffer, waar tevens wensen zijn voor de ontwikkeling van nat schraalland. De locaties B17 en B18 als ook de bemonsterde locaties uit eerder onderzoek in 2018 liggen in de westelijke buffer. Hier liggen wensen voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland (N12.02) of dynamisch moeras (N5.04) met moerassoorten als riet, grote zeggen, biezen, lidsteng, galigaan en krabbenscheer (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Dynamisch moeras wordt periodiek overstroomd met oppervlaktewater om verzuring en verbossing tegen te gaan. Indien locaties minder voedselrijk zijn en waar weinig (of omgekeerde) peildynamiek is ten opzichte van dynamisch moeras, kan ingezet worden op veenmoeras (N5.03). Zie www.bij12.nl voor meer informatie over de natuurtypen. Op basis van de resultaten van dit onderzoek zijn de natuurpotenties lokaal bijgesteld.

Oostelijke buffer

Tabel 3.2. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) in deelgebied Oostelijke buffer. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l), BV = indicatieve basenverzadiging, FVG = fosfaatverzadigingsgraad (%), M5/M8/M12 = berekende verschralingsduur (jaren) via maaien en afvoeren (P-afvoer 10 kg/ha/jr; door vaker dan 1-2 keer per jaar te maaien kan de afvoer de eerste jaren waarschijnlijk worden verhoogd) tot een streefconcentratie van 500 (bovengrens nat schraalland), 800 (bovengrens grote zeggenmoeras en vochtig hooiland) en 1200 (kruiden- en faunarijk grasland) µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 6 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<150	<10	<4000	<20			0	voldoende P-arm
6-10	151-250	10-20	4001-8000	21-50	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	51-100	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	151-300				matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>300	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Nr	Diepte	Grondsoort	HzT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	FVG	M5	M8	M12
B01	0-10	Grijs matig humeuze klei, wortels	Ah	20	48	0.7	1905	26.8	0.07	646	84	239	36	157	27	71	34440	121	11164	4.5	99	2	236	118	24	62	49	31
	10-20	Grijze, stevige klei	A	14	41	0.8	1563	26.4	0.06	968	104	372	58	221	24	112	31027	90	12442	4.6	99	1	198	70	20	56	45	29
	20-30	Grijze, stevige klei	A	12	40	0.9	1282	22.6	0.06	943	105	369	54	230	23	95	27366	99	12935	4.1	99	2	236	112	20	45	37	5
	30-40	Grijze, stevige klei	A	10	33	1.0	580	15.1	0.04	883	127	376	48	269	22	80	34626	127	14008	4.2	99	1	101	79	14	7	6	4
B02	0-10	Bruin-grijs veraard veen	Oh	66	79	0.2	648	12.9	0.05	134	39	49	8	19	30	40	10857	263	3092	4.1	94	5	38	313	23	9	7	5
	10-20	Bruin-grijs veraard veen	Oh	45	62	0.4	853	18.9	0.05	387	69	167	18	46	43	121	21233	64	4032	3.9	96	2	92	268	38	24	4	3
	20-30	Zwart-donkerbruin half veraard veen	Om	64	70	0.2	177	7.1	0.02	146	89	105	6	19	45	62	22113	40	3866	4.1	98	2	68	444	8	4	3	2
	30-40	Zwart-donkerbruin half veraard veen	Om	72	77	0.2	113	4.4	0.03	75	78	84	4	13	42	32	19340	42	3688	4.3	98	2	127	481	6	4	3	2
B03	0-10	Bruin-grijs veraard veen	Oh	59	69	0.3	686	16.0	0.04	204	56	82	10	25	48	135	17763	45	3761	3.8	96	3	68	261	35	14	9	6
	10-20	Bruin-grijs veraard veen	Oh	49	61	0.3	538	15.3	0.04	279	75	116	11	34	46	144	21202	55	4418	4.4	98	3	68	93	32	3	3	2
	20-30	Donkerbruin half veraard veen	Om	53	66	0.3	241	10.2	0.02	348	117	117	18	49	59	52	26731	22	6997	4.3	99	2	101	71	8	3	2	2
	30-40	Donkerbruin half veraard veen	Om	71	81	0.2	76	3.0	0.03	75	83	95	5	18	63	10	18749	49	6243	4.7	99	1	38	113	4	2	2	2
B04	0-10	Grijs, kleiig, veraard veen	Oh	47	63	0.4	1425	27.3	0.05	427	58	153	24	53	46	195	20849	28	6037	3.8	95	2	1394	90	21	55	37	13
	10-20	Grijs, kleiig, veraard veen	Oh	38	58	0.4	916	21.3	0.04	718	80	237	38	82	45	187	23897	99	5567	4.8	96	2	872	319	32	30	8	5
	20-30	Donkerbruin half veraard veen	Oml	46	63	0.4	566	16.0	0.04	442	105	187	19	47	61	173	28706	61	5777	4.1	96	2	446	1030	24	6	4	3
	30-40	Donkerbruin half veraard veen	Oml	75	78	0.2	137	4.0	0.03	92	78	48	4	13	65	65	20996	39	4085	3.9	97	2	178	378	8	4	3	2
B05	0-10	Grijs-bruin veraard veen	Oh	55	71	0.3	820	16.5	0.05	252	55	97	13	30	56	142	26225	34	4109	3.9	96	2	98	297	38	20	13	9
	10-20	Grijs-bruin veraard veen	Oh	44	64	0.4	564	12.3	0.05	417	104	203	19	52	61	128	31317	12	6810	4.1	99	1	287	59	6	4	3	2
	20-30	Grijs-bruin veraard veen	Oh	52	71	0.3	274	9.9	0.03	603	105	138	15	40	64	75	29867	28	6653	4.3	99	2	162	137	4	2	2	2
B06	0-10	Grijs-bruin, licht kleiig, veraard veen	OAh	44	56	0.5	2360	53.7	0.04	628	89	231	34	69	56	373	26417	197	6038	3.7	95	6	994	102	18	101	71	46
	10-20	Grijs-bruin, licht kleiig, veraard veen	OAh	43	57	0.4	1268	36.2	0.04	551	105	215	29	62	51	146	28755	80	5940	4.0	97	4	939	79	25	69	42	6
	20-30	Grijs-bruin, licht kleiig, veraard veen	OAh	44	59	0.4	1024	27.5	0.04	612	113	209	35	72	54	111	30543	67	6363	4.2	98	4	1002	83	20	44	19	3
	30-40	Grijs-bruin, licht kleiig, veraard veen	OAh	43	57	0.5	927	24.0	0.04	710	106	216	38	80	60	143	30941	108	6703	4.1	98	3	894	83	17	35	18	3

Noordelijke punt: locatie B01

B01 is gelegen op een klein kleiruggetje, zoals die in het gebied meer voorkomen (Figuur 3.4). Doordat deze ruggetjes kleiiger zijn is de bodem minder ingeklonken door drooglegging. De toplaag (0-10 cm-mv) is als gevolg van het agrarisch gebruik sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P: 26,8 mmol/l en Olsen-P: ± 1905 µmol/l) (Tabel 3.2) en hiermee niet geschikt voor de ontwikkeling van nat schraalland. Ook onder de toplaag is de bodem nog rijk aan fosfaat tot op 30 cm-mv. Onder vochtige, voedselrijke condities is de kans op verruiging in de vorm van pitrusontwikkeling groot. Het afgraven van 30 cm is hier niet wenselijk, aangezien er dan een kommetje in het landschap zou ontstaan. De voorkeur heeft het ontwikkelen van een kruiden- en faunarijk grasland op de huidige toplaag in combinatie met verschralingsbeheer (maaien en afvoeren doorzetten tot circa

30 jaar tot een Olsen-P concentratie van 1200 µmol/l). De concentratie labiel P (P-z) is laag (2 µmol/l), waardoor het kruidenpercentage waarschijnlijk al eerder toe zal nemen. Beperkte (10-20 cm) droogval van de toplaag in de zomerperiode is belangrijk.

Oostelijke zone: locatie B02, B04 en B06

Deze drie locaties liggen in een natte zone, met een laag maaiveld ten opzichte van het vernieuwde, verhoogde waterpeil in de sloten. De toplaag van B02 (0-10 cm-mv) is matig verrijkt met fosfaat (totaal-P: 12,9 mmol/l en Olsen-P: 648 µmol/l) (Tabel 3.2) en geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland. In combinatie met circa 9 jaar maaien en afvoeren is deze locatie bodemchemisch geschikt voor de ontwikkeling van een nat schraalland. Deze locatie was echter gelegen op een iets hogere rug ten opzichte van de rest van het perceel i.v.m. water op maaiveld. Het perceel zal daarom (mogelijk) te nat zijn voor nat schraallandontwikkeling en/of periodiek beheer waardoor moerasontwikkeling meer voor de hand ligt.

De toplaag (0-10 cm-mv) van B04 is verrijkt met fosfaat (totaal-P: 27,3 mmol/l en Olsen-P: 1425 µmol/l) en daarmee ongeschikt voor de ontwikkeling van nat schraalland. In de toplaag is tevens de nitraatconcentratie hoog (1394 µmol/l bodem). Op 20 cm is een fosfaatarmere laag aanwezig (Olsen-P: 566 µmol/l). De toplaag van B06 (0-10 cm-mv) is het sterkst verrijkt met fosfaat (totaal-P: 53,7 mmol/l en Olsen-P: 2360 µmol/l). Ook in de bodemlagen eronder blijft de P-rijkdom te hoog voor schraallandontwikkeling maar nemen de P-concentraties wel af.

Advies is dan ook om in deze zone in te zetten op de ontwikkeling van een dynamisch moeras, gezien de natte omstandigheden. Eventueel kan ervoor gekozen worden om de toplagen (10 of 20 cm) af te plaggen, met name op locatie B06. Hierdoor komen er minder voedselrijke bodemlagen aan maaiveld en kan er mogelijk een lokaal soortenrijker (veen)moeras tot ontwikkeling komen. Wanneer er voedselrijke toplagen aan maaiveld liggen die fors vernat worden, geeft dit risico op P-mobilisatie (verruiging) en P-nalevering vanuit de bodem naar de waterlaag (zie paragraaf 3.5 en 7.5).

Randzone tegen huidig natuurgebied: locatie B03 en B05

De locaties B03 en B05 liggen aan de rand van de oostelijke buffer, tegen het bestaande schraalland aan. De toplagen in beide locaties zijn beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P: ± 16,3 mmol/l en Olsen-P: ± 753 µmol/l) (Tabel 3.2). De toplagen zijn reeds geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland of met aanvullend verschralingsbeheer van 17-25 jaar voor de ontwikkeling van (voedselrijker) nat schraalland (Ca-t: 56 mmol/l, Ca-z: ± >17.500 µmol/l). De wat hogere ligging maakt dat de hydrologie hier waarschijnlijk beter op orde is en (maai)beheer makkelijker is uit te voeren. Geadviseerd wordt om door middel van 20 cm afgraven of het voeren van een verschralingsbeheer een nat schraalland te ontwikkelen. Wanneer de beoogde verschraling is gerealiseerd is het plaggen (nadeel: verlies draagkracht van de bodem) of eventueel drie keer frezen van de zode in het groeiseizoen (voordeel: behoud van draagkracht van de bodem) in combinatie met herintroductie van maaisel uit het aangrenzende schraalland een belangrijke aanvullende maatregel wanneer onvoldoende doelsoorten aanwezig zijn.

Zuidelijke buffer

Tabel 3.3. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) in deelgebied Zuidelijke buffer. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l), BV = indicatieve basenverzadiging, FVG = fosfaatverzadigingsgraad (%), M5/M8/M12 = berekende verschralingsduur (jaren) via maaien en afvoeren (P-afvoer 10 kg/ha/jr; door vaker dan 1-2 keer per jaar te maaien kan de afvoer de eerste jaren waarschijnlijk worden verhoogd) tot een streefconcentratie van 500 (bovengrens nat schraalland), 800 (bovengrens grote zeggenmoeras en vochtig hooiland) en 1200 (kruiden- en faunarijk grasland) µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 6 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. Zie kleurarceringen in Tabel 3.2.

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NHA-z	FVG	M5	M8	M12
B07	0-10	Bruin half veraard veen	Dm	46	65	0.4	1021	26.0	0.04	405	76	146	22	49	48	189	25718	43	5068	4.0	97	2	222	104	23	41	18	12
	10-20	Bruin half veraard veen	Dm	43	60	0.4	814	22.5	0.04	573	97	196	31	69	47	133	27467	64	5793	4.1	98	2	851	73	18	27	13	8
	20-30	Bruin half veraard veen	Dm	56	66	0.3	245	10.2	0.02	288	101	99	17	42	46	45	25223	31	5826	4.4	99		1	167	12			
	30-40	Bruin half veraard veen	Dm	65	74	0.2	109	4.7	0.02	145	91	61	11	30	52	24	23102	49	5785	4.5	99		68	286				
B08	0-10	Grijs-bruin veraard veen	Oh	34	50	0.5	2510	46.4	0.05	534	45	204	31	66	46	479	17031	99	3664	3.6	93	4	1	92	49	76	47	76
	10-20	Grijs-bruin veraard veen	Oh	32	48	0.5	2365	46.4	0.05	536	51	240	30	62	43	359	19310	109	3432	3.7	94	4	825	67	49	66	46	71
	20-30	Grijs-bruin veraard veen	Oh	32	48	0.5	1820	35.3	0.05	579	64	241	31	69	48	255	21402	99	4202	4.2	96	3	1	50	29	80	42	58
	30-40	Grijs-bruin veraard veen	Oh	36	54	0.4	972	19.9	0.05	603	66	199	33	64	60	342	22283	98	4598	3.8	96	3	1	73	15	30	11	7
B09	0-10			31	51	0.5	2497	35.5	0.07	455	39	187	26	61	42	467	14957	68	4421	3.6	92	5	1	91	37	97	75	58
	10-20			27	47	0.5	3063	42.9	0.07	563	44	219	28	68	41	561	17721	75	3702	3.6	92	5	838	53	35	65	44	61
	20-30			27	48	0.5	2194	34.4	0.06	578	57	200	31	70	42	390	19931	87	4021	3.7	94	4	826	70	46	93	66	46
	30-40			33	52	0.4	1167	24.1	0.05	490	54	233	27	56	53	431	19445	84	4085	3.7	93	3	1	87	23	43	24	8
B10	0-10	Grijs-bruin veraard veen	Oh	42	57	0.4	1799	23.6	0.08	529	46	171	27	63	47	313	18697	55	5849	3.7	95	4	1	142	18	53	33	25
	10-20	Grijs-bruin veraard veen	Oh	36	52	0.5	1295	19.4	0.07	593	63	209	29	64	44	836	18028	48	4144	3.5	92	2	1	51	14	37	23	8
	20-30	Zwart half veraard veen	Dmt	40	56	0.4	1114	18.0	0.06	538	46	205	25	57	54	1047	14926	50	4200	3.5	91	2	1	46	12	31	16	5
	30-40	Bruin half veraard veen	Om2	62	70	0.3	327	6.8	0.05	373	37	82	15	25	83	973	16713	89	3680	3.3	89	2	248	124	7	7	7	7
B11	0-10	Bruin veraard veen	Oh1	53	59	0.4	2012	26.6	0.08	492	52	168	26	56	46	520	19597	87	3399	3.8	94	7	1	139	21	61	50	34
	10-20	Bruin veraard veen	Oh1	58	56	0.3	637	10.1	0.06	589	52	164	20	37	96	1288	19374	53	3308	3.2	88	3	256	209	8	7	7	7
	20-30	Zwart-bruin veraard veen korrelig	Oh2/Dm	62	63	0.3	351	9.6	0.04	315	54	150	16	29	123	1506	19869	83	3850	3.1	85	3	112	871	5	7	7	7
	30-40	Donkerbruin veraard veen	Om	75	75	0.2	287	4.5	0.06	133	32	76	6	13	95	2031	14049	139	3561	2.8	73	2	74	1780	3	7	7	7
B12	0-10	Grijs-bruin veraard veen	Oh	40	55	0.4	1560	14.2	0.11	298	29	133	15	44	46	1186	12775	123	5193	3.3	87	3	194	82	25	26	22	10
	10-20	Grijs-bruin veraard veen	Oh	31	47	0.5	992	12.3	0.08	569	52	215	34	84	66	1719	12221	95	4992	3.6	85	3	160	26	6	19	7	4
	20-30	Grijs-bruin veraard veen	Oh	29	49	0.5	1154	11.8	0.10	520	53	206	28	88	56	1580	13562	85	6377	3.4	86	2	177	27	5	18	11	6
	30-40	Grijze venige klei	Ah	43	41	0.8	1173	12.2	0.10	726	65	206	38	170	40	2565	16410	130	7866	3.6	83	2	93	36	3	19	12	8
B13	0-10	Grijs-bruin veraard veen	Oh1	30	49	0.5	3373	36.5	0.09	482	39	190	23	67	36	489	14767	86	4647	3.5	91	5	987	132	35	94	61	33
	10-20	Grijs-bruin veraard veen	Oh1	22	41	0.6	3487	43.8	0.08	638	53	273	30	88	37	506	16311	108	4446	3.6	92	5	856	61	22	67	40	26
	20-30	Grijs-bruin veraard veen	Oh1	19	39	0.6	2567	33.6	0.08	672	59	273	31	97	36	343	20026	184	4923	3.8	94	4	1402	61	20	8	72	56
	30-40	Bruin veraard veen (minder veraard)	Oh2	28	50	0.5	940	17.9	0.05	603	79	339	28	80	64	430	22613	67	5632	3.7	95	2	383	47	6	26	8	5
B14	0-10	Grijs-bruin half veraard veen	Mm/Oh	52	64	0.4	1148	20.7	0.06	395	58	87	11	28	57	118	13816	208	3110	3.7	92	3	19	577	22	17	10	6
	10-20	Donkergrijs-bruin veraard veen	Oh	51	62	0.4	773	18.5	0.04	293	82	154	11	31	61	119	21803	142	4123	4.0	86	3	6	1876	79	20	9	6
	20-30	Donkergrijs-bruin veraard veen	Oh	51	64	0.4	751	20.1	0.04	345	100	129	15	38	72	114	28158	99	5168	4.1	95	3	122	1874	80	21	11	7
	30-40	Donkergrijs-bruin veraard veen	Oh	52	64	0.3	589	12.0	0.03	341	116	96	10	29	75	56	27265	87	5302	4.3	97	3	446	1244	53	30	15	9
B15	0-10	Donkerbruin veraard veen	Oh	38	65	0.4	1345	29.1	0.05	313	67	126	15	40	39	94	19344	322	3680	4.4	85	1	1	1566	46	57	37	31
	10-20	Donkerbruin veraard veen	Oh	37	64	0.4	1285	33.8	0.04	338	93	175	14	42	43	69	22369	327	3926	4.7	91	4	1	1352	31	64	40	7
	20-30	Donkerbruin veraard veen	Oh	36	60	0.4	1222	32.2	0.04	304	95	142	12	38	44	47	24882	140	4380	4.5	95	1	185	996	15	59	35	2
	30-40	Donkerbruin veraard veen	Oh	37	62	0.4	839	22.2	0.04	347	85	135	14	42	39	47	22547	112	4089	4.7	94	4	1	1116	10	28	3	1
B16	0-10	Bruin-grijs veraard veen	Oh	31	45	0.6	2413	34.8	0.07	484	53	258	19	72	53	503	18711	189	5597	3.6	94	4	813	156	27	90	73	55
	10-20	Bruin-grijs veraard veen	Oh	29	43	0.6	2787	36.9	0.08	519	56	259	22	76	45	453	19344	79	4665	3.7	93	4	1	71	23	66	39	66
	20-30	Bruin-grijs veraard veen	Oh	27	46	0.6	2110	32.6	0.06	631	69	291	30	89	52	360	21093	62	5710	3.9	96	1	251	41	18	78	61	44
	30-40	Bruin-grijs veraard veen	Oh	32	37	0.9	1761	20.0	0.09	778	70	375	34	171	40	522	24436	99	7023	3.8	95	1	219	27	14	44	34	20

Noordelijke zone: B07

De toplaag van de (half) veraarde veenbodem is (matig) verrijkt met fosfaat (totaal-P: 26 mmol/l en Olsen-P: 1021 µmol/l) (Tabel 3.3) en op basis van de hydrologische condities het meest geschikt voor de ontwikkeling van een dynamisch moeras op de toplaag. Onder de toplaag nemen de fosfaatconcentraties sterk af. De bodem is met circa 19 jaar maaien en afvoeren geschikt voor vochtig hooiland (Ca-t: 76 mmol/l, Ca-z: ± 25.700 µmol/l). Wanneer langer verschralingsbeheer wordt toegepast (65 jaar) kan op lange termijn zelfs een blauwgrasland ontwikkeld worden, onder de juiste hydrologische omstandigheden. Wanneer de beoogde verschraling is gerealiseerd en

omvorming naar vochtig hooiland wordt nagestreefd is het plaggen (nadeel: verlies draagkracht van de bodem) of eventueel drie keer frezen van de zode in het groeiseizoen (voordeel: behoud van draagkracht van de bodem) in combinatie met herintroductie van maaisel uit het aangrenzende schraalland een belangrijke aanvullende maatregel wanneer onvoldoende doelsoorten aanwezig zijn. Aangezien het relatief nat is wordt in eerste instantie geadviseerd om in te zetten op de ontwikkeling van een dynamisch moeras op de huidige toplaag.

Centrale zone: B08 t/m B13 (excl. B11) en B16

De centrale zone in de zuidelijke buffer laat overwegend voedselrijke bodems zien en bevat wat hogere kleiruggetjes. De toplagen (0-10 cm-mv) zijn allen (sterk) verrijkt met fosfaat (totaal-P: 14,2-46,4 mmol/l en Olsen-P: 1560-3373 µmol/l), waar locatie B12 de minste verrijking laten zien (Tabel 3.3). De labiel gebonden P concentraties (P-z) zijn wel relatief laag (≤ 5 µmol/l bodem), wat gunstig is voor vegetatie-ontwikkeling. Ook onder de toplaag is overwegend sprake van een fosfaatrijke bodem tot 30 of ten minste 40 cm-mv. Afgraven van 30 cm of meer zal waarschijnlijk zorgen voor zeer natte omstandigheden. Deze zone is daarom ongeschikt voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland of nat schraalland.

Het advies is om hier in te zetten op een kruiden- en faunarijk grasland. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet (meer) wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet waardoor de P-z concentratie verder afneemt (<2 µmol/l). Beperkte (10-20 cm) droogval van de toplaag in de zomerperiode is belangrijk.

Noordoostelijke zone: B11

Locatie 11 ligt op een ruggetje (Figuur 3.4) en grenst aan het huidige schraalland. De toplaag (0-10 cm-mv) van de veraarde veenbodem is sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P: 26,6 mmol/l en Olsen-P: 2012 µmol/l) (Tabel 3.3) en daarmee ongeschikt voor de ontwikkeling van een nat schraalland. Onder de toplaag is een voedselarmere bodem aanwezig (totaal-P: ± 10,1 mmol/l en Olsen-P: ± 637 µmol/l). Als 10 cm wordt afgegraven is deze bodem geschikt voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland of in combinatie met 7 jaar maaien en afvoeren voor een nat schraalland (Ca-t: 52 mmol/l, Ca-z: ± 19.400 µmol/l). Het is tevens wenselijk om in deze randzone extra monsters te nemen om de geschiktheid voor schrale natuurtypen beter in kaart te brengen.

Zuidoostelijke zone: B14 en B15

De toplagen (0-10 cm-mv) van beide locaties zijn verrijkt met fosfaat, waarbij B15 meer verrijkt is dan B14 (totaal-P: 20,7-29,1 mmol/l en Olsen-P: 1148-1345 µmol/l) (Tabel 3.3). Met name op locatie B14 neemt de fosfaatconcentratie in de diepte af. In combinatie met circa 20 jaar maaien en afvoeren is de toplaag op locatie B14 geschikt voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland (Ca-t: 58 mmol/l, Ca-z: ± 13.800 µmol/l), mits de hydrologie dit toelaat. Doordat deze zone vrij laag gelegen is, is het overwegend een natte zone waardoor beheer bemoeilijkt wordt.

Advies is dan ook om in deze zone in te zetten op de ontwikkeling van een dynamisch moeras, gezien de natte omstandigheden. Eventueel kan ervoor gekozen worden om de toplagen (10 of 20 cm) af te plaggen. Hierdoor komen er minder voedselrijke bodemlagen aan maaiveld en kan er mogelijk een lokaal soortenrijker moeras (of veenmoeras) tot ontwikkeling komen. Wanneer er voedselrijke toplagen aan maaiveld liggen die fors vernat worden, geeft dit risico op P-mobilisatie

(verruiging) en P-nalevering vanuit de bodem naar de waterlaag (zie paragraaf 3.5 en 7.5). Momenteel is er ook veel pitrusgroei in deze zone.

Westelijke buffer

Tabel 3.4. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) in deelgebied Westelijke buffer, inclusief data van 2018 (van Mullekom e.a., 2019). OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l), BV = indicatieve basenverzadiging, FVG = fosfaatverzadigingsgraad (%), M5/M8/M12 = berekende verschralingsduur (jaren) via maaien en afvoeren (P-afvoer 10 kg/ha/jr; door vaker dan 1-2 keer per jaar te maaien kan de afvoer de eerste jaren waarschijnlijk worden verhoogd) tot een streefconcentratie van 500 (bovengrens nat schraalland), 800 (bovengrens grote zeggenmoeras en vochtig hooiland) en 1200 (kruiden- en faunarijk grasland) µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 6 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. Zie kleurarceringen Tabel 3.2.

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	FVG	M5	M8	M12
B17	0-10	Bruin-zwart veraard veen	Oh1	40	47	0.5	1404	22.8	0.06	483	67	218	25	68	65	95	20494	995	8401	4.0	98	4	686	151	13	46	11	31
	10-20	Bruin-zwart veraard veen	Oh1	41	51	0.4	842	13.1	0.06	353	31	185	17	46	61	774	13476	104	5161	3.5	92	2	309	28	8	17	2	
	20-30	Zwart veraard veen	Oh2	35	55	0.3	699	9.6	0.07	280	30	190	15	38	63	994	11364	103	4521	3.4	88	3	280	24	6	9		
	30-40	Zwart veraard veen	Oh2	10	37	0.8	1105	11.2	0.10	840	39	300	54	195	33	2614	13667	197	6681	3.3	80	2	158	34		16	10	
B18	0-10	Bruin-grijze klei	Ah	37	50	0.6	2148	42.8	0.05	758	97	266	53	116	58	72	24189	99	12267	4.2	98	4	570	105	20	108	80	59
	10-20	Bruin-grijze klei	Ah	39	49	0.4	913	17.7	0.05	436	55	217	21	58	65	468	16682	113	7474	3.7	95	3	440	41	11	25	7	
	20-30	Zwart veraard veen	Oh	48	57	0.4	625	12.5	0.05	346	47	183	17	41	93	980	15766	127	6731	3.4	90	2	308	63	8	8		
	30-40	Zwart (half) veraard veen	Oh/Dm	65	69	0.3	335	7.0	0.05	169	42	191	10	21	126	1198	16180	175	6078	4.8	91	6	132	272				
1	0-20	klei, sterk humeus		28	44	0.5	817	24.9	0.03	406	67	215	27	72	45											50	2	
	20-30	veen, zwak kleiig		38	53	0.4	480	11.6	0.04	268	44	198	18	43	65													
	30-40	veen, zwak kleiig		57	66	0.3	277	7.7	0.04	136	46	162	7	19	101													
	40-50	veen, zwak kleiig		48	73	0.3	184	5.5	0.03	108	35	84	7	22	63													
2	0-20	klei, sterk humeus		38	50	0.5	427	19.5	0.02	278	77	161	18	90	52													
	20-30	klei, sterk humeus		40	54	0.4	366	14.0	0.03	319	88	224	23	83	67													
	30-40	veen, zwak kleiig		58	70	0.3	154	5.5	0.03	124	70	71	8	24	99													
	40-50	veen, zwak kleiig		66	75	0.2	116	3.6	0.03	70	33	36	4	14	93													
3	0-20	veen, sterk kleiig		38	49	0.5	679	25.3	0.03	246	82	150	14	45	48											42		
	20-30	veen, sterk kleiig		40	55	0.4	479	19.9	0.02	281	93	126	15	48	50													
	30-40	veen, sterk kleiig		50	64	0.4	421	13.5	0.03	184	114	120	9	35	66													
	40-50	veen, zwak kleiig		62	73	0.3	219	6.6	0.03	82	96	66	3	19	73													
4	0-20	veen, zwak kleiig		47	51	0.4	968	23.1	0.04	290	41	107	17	42	62											70	25	
	20-30	veen, zwak kleiig		44	52	0.4	608	14.7	0.04	212	40	136	14	34	74											8		
	30-40	veen, zwak kleiig		68	71	0.2	290	5.2	0.06	69	43	48	6	14	111													
	40-50	veen, zwak kleiig		79	78	0.2	164	2.4	0.07	34	44	28	3	8	117													
5	0-20	veen, sterk kleiig		39	48	0.4	1312	27.6	0.05	221	39	137	12	37	45											108	67	15
	20-30	veen, zwak kleiig		48	59	0.4	523	11.3	0.05	216	89	124	10	31	73											2		
	30-40	veen, zwak kleiig		69	73	0.2	216	5.8	0.04	82	78	52	3	15	103													
	40-50	veen, zwak kleiig		69	76	0.2	166	4.6	0.04	65	98	40	2	13	101													

Noordwestelijke zone: 2018-1 en 2018-2

Locatie 1 en 2 die in 2018 zijn bemonsterd liggen in de noordelijke punt van de westelijke buffer. Locatie 1 ligt op een wat hoger perceel tegen het huidige schraalland aan (Figuur 3.4). Locatie 2 heeft een wat lager maaiveld. De toplagen (20 cm-mv) van beide locaties zijn (beperkt) verrijkt met fosfaat (totaal-P: 24,9-19,5 mmol/l en Olsen-P: 817-427 µmol/l) (Tabel 3.4). Dit biedt perspectief. De toplaag van locatie 1 is (in combinatie met enkele jaren maaien en afvoeren) geschikt voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland (Ca-t: 67 mmol/l). Op langere termijn kan er met voortzetting van verschralingsbeheer doorontwikkeld worden naar een schraalland. Op locatie 2 is de toplaag reeds arm genoeg voor de ontwikkeling van een (nat) schraalland (Ca-t: 77 mmol/l). Geadviseerd wordt om de soortenarme zode te plaggen (nadeel: verlies draagkracht van

de bodem) of eventueel drie keer te frezen in het groeiseizoen (voordeel: behoud van draagkracht van de bodem) in combinatie met herintroductie van maaisel uit het aangrenzende schraalland.

Midden- en zuidzone: B18 2018-3 en 2018-4

Beide locaties 3 en 4 liggen in de zone met de een lager maaiveld, locatie B18 ligt op een hoger ruggetje. De toplagen (20 cm-mv) van de locaties uit 2018 zijn verrijkt met fosfaat (totaal-P: 25,5-23,1 mmol/l en Olsen-P: 679-986 µmol/l). De toplaag (0-10 cm-mv) van locatie B18 is sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P: 42,8 mmol/l en Olsen-P: 2148 µmol/l) en daarmee ongeschikt voor de ontwikkeling van schraalland (Tabel 3.4). Bodemchemisch is de toplaag op locatie 3 geschikt voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland (Ca-t: 82 mmol/l) en is de toplaag van locatie 4 in combinatie met circa 25 jaar maaien en afvoeren geschikt voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland (Ca-t: 81 mmol/l). Doordat deze zone vrij laag gelegen is, is het echter overwegend een natte zone waardoor beheer bemoeilijkt wordt.

Advies is dan ook om in deze zone in te zetten op de ontwikkeling van een dynamisch moeras of mogelijk (gedeeltelijk) veenmoeras, gezien de natte omstandigheden. Eventueel kan ervoor gekozen worden om de toplaag (lokaal 10 of 20 cm) af te plaggen. Hierdoor komen er minder voedselrijke bodemlagen aan maaiveld en kan er mogelijk een lokaal soortenrijker moeras tot ontwikkeling komen. Wanneer er voedselrijke toplagen aan maaiveld liggen die fors vernat worden, geeft dit risico op P-mobilisatie (verruiging) en P-nalevering vanuit de bodem naar de waterlaag (zie paragraaf 3.5 en 7.5). Aangezien de zone direct rond B18 wat hoger is gelegen, zou deze zone ontwikkeld kunnen worden tot een kruiden- en faunarijk grasland.

Zuid-westelijke zone: B17 en 2018-5

In de zuidwestelijke zone zijn er wat hogere ruggetjes aanwezig, waar ook de bemonsterde locaties liggen. De toplagen (0-10 of 0-20 cm-mv) zijn beide verrijkt met fosfaat(totaal-P: 24,8-22,8 mmol/l en Olsen-P: 1312-1404 µmol/l) (Tabel 3.4). De toplaag is in combinatie met diverse jaren maaien en afvoeren geschikt voor de ontwikkeling van een (voedselrijker) kruiden- en faunarijk grasland. De relatief lage P-z concentratie (4 µmol/l) biedt wel kansen voor een wat kruidenrijkere ontwikkeling. Beperkte (10-20 cm) droogval van de toplaag in de zomerperiode is belangrijk. Op alle drie de locaties neemt de fosfaatrijkdom in de diepte af en is onder de toplaag een minder voedselrijke bodem aanwezig, welke kansen biedt voor schraallandontwikkeling.

Advies is om minimaal 10 en optimaal 20 cm af te graven. De bodem is dan overwegend geschikt voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland (Ca-t: > 30 mmol/l, Ca-z: > 11.000 µmol/l). Wanneer het verschralingsbeheer wordt voortgezet kan er worden doorontwikkeld naar een nat schraalland. Mogelijke extra monsterpunten in deze zone, zou kunnen uitwijzen of de gehele zone aan maaiveld of vlak daaronder potentie heeft voor schraallandontwikkeling.

Wanneer maaiveldverlaging niet wenselijk is voor de hydrologische situatie in de buffer en/of de aangrenzende percelen aan de zuidzijde, is het huidige maaiveld geschikt voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland.

3.5 Hydrochemie en vernatting

Hydrochemie ondiep grondwater

Op vijf locaties is uit een boorgat het oppervlakkige grondwater bemonsterd middels een ceramische cup. In Tabel 3.5 zijn verschillende fysisch-chemische variabelen weergegeven. Oppervlaktewater van de sloten was niet bemonsterd.

Tabel 3.5. Kwaliteit van het oppervlakkig grondwater in de verschillende bufferzones (O=oost, Z=zuid en W=west). Concentraties zijn gegeven in µmol/l, met uitzondering van pH en EGV (= Elektrisch Geleidingsvermogen in µS/cm). Fe:P ratio is in mol:mol. Voor ligging van de locaties zie Figuur 2.1.

		µS/cm	µmol/l											mol:mol
Loc.	pH	EGV	CO_2	HCO_3	NO3	NH_4	Al	Ca	Fe	K	Mg	P	S	Fe:P
W1-O	4.55	1177	3586	52	4.1	170	299	3493	1380	96	1265	5.5	5796	253
W2-O	5.16	604	4145	246	5.8	16	53	1943	343	21	795	2.3	2588	152
W3-Z	6.13	381	2660	1475	7.8	33	19	1421	124	182	411	6.7	199	19
W4-W	4.56	2054	4861	73	1.2	256	312	6281	2312	207	2173	3.0	11928	783
W5-Z	5.51	640	4081	544	4.6	42	33	1872	379	91	873	3.1	2493	122

Het oppervlakkige (freatische) grondwater was overwegend matig-zuur (pH 4,55-6,13), matig tot sterk calciumhoudend en zeer zwak tot matig gebufferd (HCO_3 52-1475 µmol/l). Verder was het nitraatarm (< 10 µmol/l), matig P-houdend (2-7 µmol/l) en zeer (extreem) ijzer- en sulfaatrijk. Alleen op locatie W3 (in de zuidelijke buffer) was het grondwater niet zo sulfaatrijk en minder ijzerrijk. De zuurgraad en hoge sulfaat- en ijzerconcentraties wijzen er op dat door droogval van zwavelhoudend veen oxidatie van veen en concreties van FeS_x (waaronder mogelijk pyriet) in de bodems heeft plaatsgevonden. Hierbij komen in eerste instantie sulfaat, ijzer en protonen (zuur) vrij. Bij volledige oxidatie van pyriet kan ook het ijzer worden geoxideerd tot ijzer(hydr)oxides waardoor er geen ijzer meer vrij komt. Met name op locatie W4 en ook W1 lijkt er sprake van een sterke beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit door onvolledige pyrietoxidatie (sulfaatconcentratie >> 5000 µmol/l). Op deze locaties is de pH het laagst (4,5), de aluminiumconcentratie het hoogst, alsmede de calcium en magnesiumconcentraties, als gevolg van zuurbufferende processen in de bodem waarbij protonen worden uitgewisseld tegen Ca en Mg van het bodemadsorptiecomplex (paragraaf 3.3).

Uitspoeling van sulfaat uit het oxiderende veen naar het oppervlaktewater kan leiden tot een verhoogde sulfaatconcentratie van het oppervlaktewater. Dit kan leiden tot de mobilisatie van fosfaat in met name de waterbodems van de sloten en indirect tot een negatieve beïnvloeding van de schraallanden. Met name wanneer de waterstanden worden verhoogd en oppervlaktewater vanuit de sloten mogelijk op maaiveld komt te staan.

Als de fosfor- en stikstofconcentraties in de sloten hoog zijn, kan dit vermesting opleveren van voedselarme bodems na een eventuele verschraling (ontgronden of maaien en afvoeren), met name wanneer voedselrijke slibdeeltjes worden afgezet. Het aangevoerde water vanuit de Meije wordt linksom om het gebied heen geleid en zal meer gezuiverd zijn als het bij bufferzone Oost aankomt. De oppervlaktewaterkwaliteit van de sloten is echter niet gemeten. Periodieke overstroming is naar verwachting niet per se erg. Wanneer op percelen echter net bemest is, kan dan juist wel afspoeling van nutriënten plaatsvinden naar de sloten.

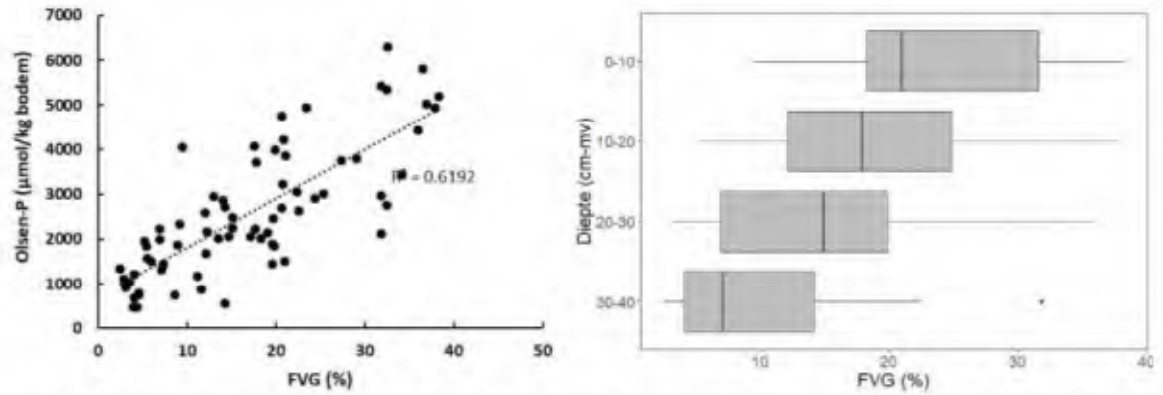
Het stoppen van bemesting (als er nog bemest wordt) en het lokaal afgraven van de voedselrijke toplaag zal op zijn beurt weer bijdragen aan een vermindering van de uit- en afspoeling van nutriënten uit de percelen naar de sloten. Dit kan mede tot een verbetering van de waterkwaliteit

leiden. Als gevolg van vernattingsmaatregelen zullen ook de sulfaatconcentraties na een paar jaar afnemen. Als gevolg van vernatting kan er echter ook extra fosfaatmobilisatie uit de bodems plaatsvinden, zie volgende paragraaf.

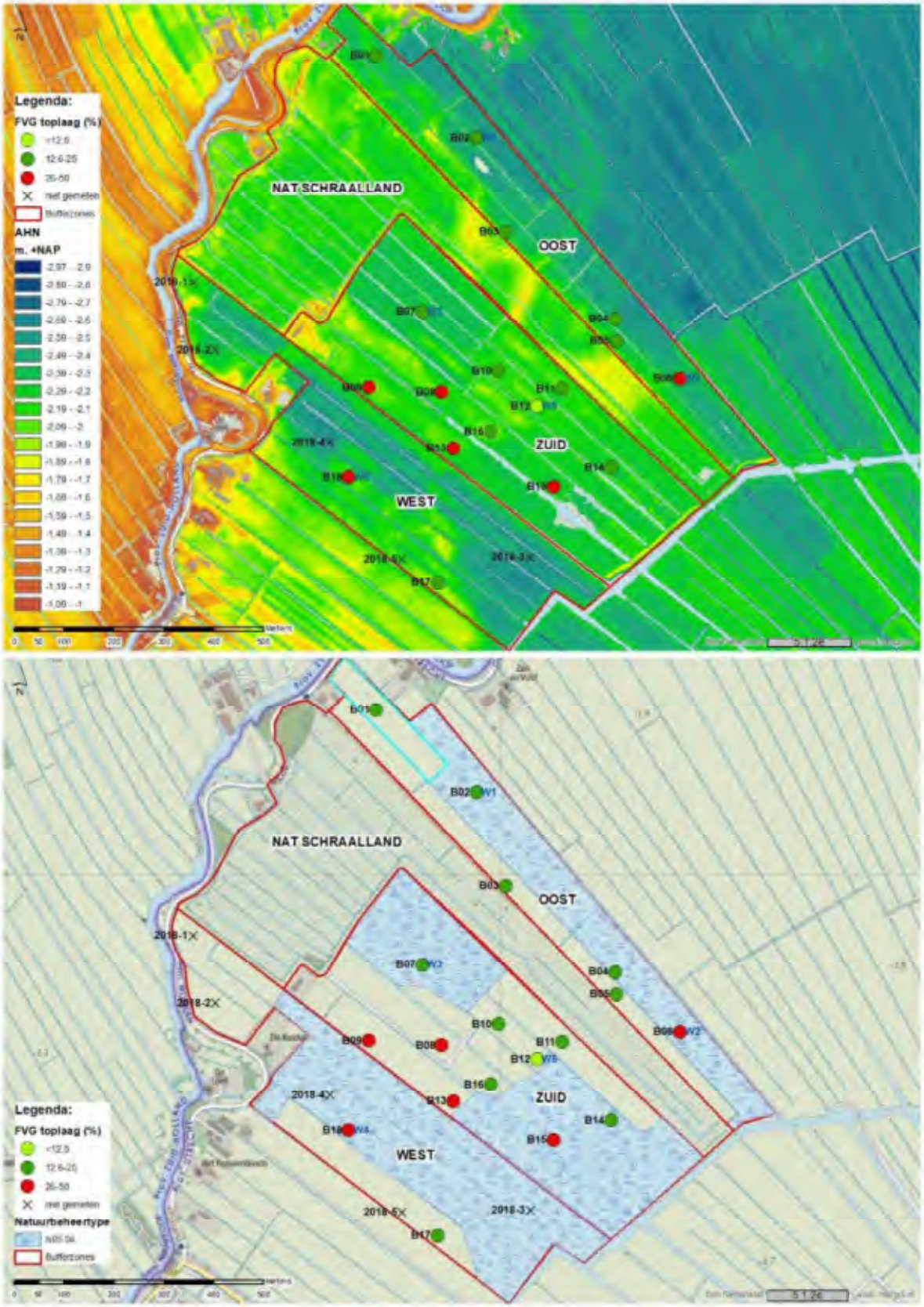
Vernatting van de bodem: risico op fosfaatmobilisatie

Wanneer vernatting van (voedselrijke) bodems plaatsvindt kan mobilisatie van fosfaat optreden (zie paragraaf 7.5). Het beschikbaar komen van fosfaat kan consequenties hebben voor de vegetatieontwikkeling (verruiging) of de waterkwaliteit (P-nalevering naar het water).

In de bodems van de percelen is op enkele locaties de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) bepaald om het risico op P-mobilisatie (globaal) in kaart te brengen. Als in het deel van het bodemprofiel boven de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) de FVG hoger is dan 25% neemt de kans op uitspoeling van fosfaat fors toe en wordt de bodem als fosfaatverzadigd beoordeeld (Schoumans, 2004). Bij lagere waarden is dit risico minder groot (en klein onder een FVG van 12,5%). Daarnaast geeft het een beeld van het risico op P-nalevering bij vernatting/inundatie (van Mullekom e.a., 2018; Smolders e.a., 2019). In Figuur 3.5 wordt een boxplot van de FVG gradiënt in de diepte en een correlatie tussen de FVG en de Olsen-P concentratie weergegeven. De ruimtelijke variatie van de FVG in de toplaag wordt weergegeven in Figuur 3.6. Hoger gelegen locaties zoals B06 of B18 zullen mogelijk niet/nauwelijks inunderen bij peilverhoging, waardoor de fosfaatuitspoeling bij vernatting minder een risico vormt.



Figuur 3.5. Correlatie tussen FVG (%) en Olsen-P (µmol/kg bodem) (links) en boxplot van de FVG (%) per diepteklasse van de bemonsterde bodems (rechts).

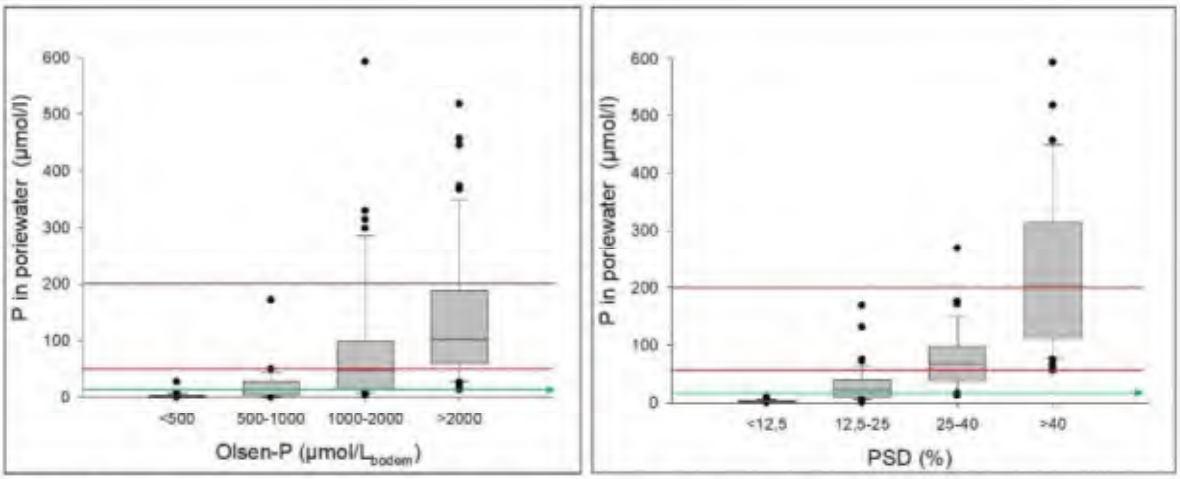


Figuur 3.6. Overzicht met de ruimtelijke variatie in de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) (%) van de toplaag van de bodem (0-10 cm-mv) op een hoogtekaart en topografische kaart (met mogelijke moeraszone ingetekend).

De FVG is overwegend lager dan 25%. Op enkele locaties is de FVG hoger dan 25% in één of meerdere bodemlagen. Dit is het geval op de locaties B06, B08, B09, B13, B15 en B18 (Tabel 3.2, Tabel 3.3 en Tabel 3.4), met name in de toplaag (Figuur 3.6). Doorgaans worden hier ook de hoogste Olsen-P concentraties gemeten. Er is dan ook een positieve correlatie tussen FVG en de Olsen-P concentratie (Figuur 3.5 links). Een FVG >25% wordt gemeten in bodems met een Olsen-P concentratie hoger dan circa 3000 µmol/kg bodem of 1500 µmol/l bodem. Op locatie B15 zijn ondanks de hogere FVG de Olsen-P concentraties iets lager. In Figuur 3.5 rechts is te zien dat de FVG in het gebied het hoogste is in de toplaag van de bodem en in de diepte afneemt. Dit komt overeen met de boxplots van de P-concentraties (Figuur 3.1). In de beoogde moeraszone van locatie 2018-3 en 4 zal de FVG op basis van de Olsen-P concentratie op die locaties naar verwachting lager zijn dan 25%. Wanneer de P-rijke bodem wordt afgegraven zal de FVG van het nieuwe maaiveld lager zijn en daarmee ook het risico op P-mobilisatie (met name op de plekken waar de FVG nu >25% bedraagt). In de oostelijke buffer is de FVG alleen voor B06 verhoogd. B06 ligt op een hoger ruggetje. Het is mogelijk dat de FVG alleen hier verhoogd is, en niet in de lagere zones rondom dit punt (wat gunstig zou zijn voor de natuurontwikkeling). De laagste FVG (<10%) zijn dan ook in de diepste lagen gemeten op de locaties B02 t/m B05, B07, B10 t/m B13, B17 en B18.

Wanneer er niet wordt ontgrond omdat dit niet gewenst/haalbaar (te kostbaar) of hydrologisch niet wenselijk is (een ontgronding mag niet leiden tot verdroging van het bestaande schraalland) bestaat er op grond van Figuur 3.5 op locaties met een Olsen-P concentratie >1500 µmol/l (FVG > 25%) een risico op P-mobilisatie en -nalevering bij een verhoging van het peil of inundatie van de bodem. Dit speelt met name in de zomerperiode wanneer temperatuurgestuurde reductieprocessen een rol spelen. Dit risico op P-nalevering vanuit de bodem naar de waterlaag kan leiden tot een verslechtering van de waterkwaliteit en verruiging. Onder natte condities kan er bij gebrek aan zuurstof anaerobe afbraak van de organische bodems plaatsvinden. Hierbij wordt driewaardig ijzer (Fe^{3+}) aanwezig in de ijzer(hydr)oxiden of sulfaat, gebruikt als alternatieve elektronenacceptor. Hierdoor gaan ijzer(hydr)oxides in oplossing en kan het P dat hieraan gebonden was vrijkomen in de bodem (paragraaf 6.5), met name wanneer de Olsen-P concentratie en fosfaatverzadiging relatief hoog is (Figuur 3.7).

Een vergelijkbaar beeld zagen we onder andere bij bodems uit Leegveld in de Deurnesche Peel en andere bodems waarbij de relatie tussen bodemchemie en P-mobilisatie is onderzocht door middel van inundatie-experimenten (Figuur 3.7). Bij een FVG > 40% is het risico op P-mobilisatie het grootst (van Mullekom e.a., 2018; Smolders e.a., 2019). Dit wordt niet verwacht in het onderzoeksgebied omdat de FVG op de meest voedselrijke locaties 29-28% bedraagt en daarmee <40% is. Bodems met een FVG van 25-40% zullen zeer waarschijnlijk fosfaat gaan naleveren. Wanneer deze voedselrijke plekken worden vernat is de kans op P-mobilisatie groot. Op plekken waar de toplaag in de zomerperiode droogvalt (centrale zone zuidelijke buffer: kruiden- en faunrijk grasland) kan dit meevallen. Bij droogval van de toplaag in de zomer kan eventueel gemobiliseerd P weer binden aan o.a. ijzerdeeltjes in de bodem.



Figuur 3.7. P-concentratie in het poriewater ten opzichte van Olsen-P (links) en fosfaatverzadigingsgraad (rechts) van bodems na vernatting (data Onderzoekcentrum B-WARE, Smolders e.a. 2019). De groene lijn geeft een lage concentratie weer (10 à 20 µmol/l), rode lijnen geven hoge concentraties weer (matig hoog 50 µmol/l tot zeer hoog >200 µmol/l).

Op plekken die permanent onder water komen te staan (anaerobe bodem) zal nalevering forser zijn. Dit kan eventueel in kaart worden gebracht door een naleveringsexperiment uit te voeren met de bodems uit de betreffende zones. Een dynamisch moeras kan echter tot ontwikkeling komen onder matig voedselrijke tot voedselrijke condities. Voor de beoogde moeraszones is de mogelijke P-mobilisatie vanuit de rijke bodemlagen dan ook iets minder cruciaal, aangezien moerassen doorgaans voedselrijker zijn en de vegetatie (bijvoorbeeld riet en lisdodde) ook gedijen onder voedselrijkere omstandigheden. Een veenmoeras is doorgaans wat voedselarmer (o.b.v. data van veenmosrietland) en vereist een stabieler waterpeil (maximaal 20 cm fluctuatie).

Wanneer droogval plaatsvindt zal er in de venige bodems ook veel sulfaat worden gevormd (zwaveloxidatie). Dit sulfaat kan onder (latere) anaerobe omstandigheden in de waterbodem worden omgezet in sulfide en aan ijzer binden. Wanneer er veel sulfide wordt gevormd, zal er minder ijzer aanwezig zijn om het aanwezige fosfor vast te leggen, wat de P-mobilisatie kan verhogen (zie ook paragraaf 7.5).

Per saldo is er in veenweidegebieden sprake van een duivels dilemma. Oxidatie leidt tot P vastlegging, maar ook tot sulfaatmobilisatie en uitspoeling. Natte omstandigheden leiden tot veel minder sulfaatuitspoeling maar wel weer tot P mobilisatie. Het mooie is dat er bij de P mobilisatie onder natte omstandigheden meestal veel meer ijzer wordt gemobiliseerd waardoor er ook ijzer uitspoelt naar het oppervlaktewater. Dit ijzer oxideert hier en bindt het fosfaat waarna het neerslaat in de waterbodem.

Wanneer er lokaal 10-20 cm wordt ontgrond komen er P-armere bodemlagen aan maaiveld, met onder de bouwvoor doorgaans een relatief lage FVG (≤ 12%) (Tabel 3.2, Tabel 3.3 en Tabel 3.4). Dit geeft daarom een laag risico op P-mobilisatie vanuit de bodem naar de waterlaag, een kleinere kans op verruiging en een grotere kans op de ontwikkeling van soortenrijke natuur.

4. SYNTHESE

4.1 Synthese bodemchemisch onderzoek

Per locatie zijn de natuurontwikkelingsmogelijkheden en geschikte inrichtingsmaatregelen in kaart gebracht. In dit rapport ligt de focus op het bodemchemische aspect. Daarnaast heeft een eenmalige meting van de freatische grondwaterkwaliteit plaatsgevonden. In overleg met Eelerwoude (input van het hydrologische aspect) zijn per bufferzone keuzes gemaakt. Een eventuele ontgronding kan een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het systeem. Het afgraven van de voedselrijke toplaag in een (deel van) de bufferzone mag namelijk niet leiden tot ontwatering/verdroging van het bestaande nat schraalland. Deze toetsing wordt door Eelerwoude gewaarborgd in dit proces. Eelerwoude gebruikt deze rapportage bij het opstellen van een integraal rapport nadat de schetssessie voor het opstellen van een inrichtingsplan heeft plaatsgevonden. De resultaten van dit bodem- en hydrochemisch onderzoek vormen een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle ontwikkeling van het gebied vergroten.

Het belangrijkste doel van de bufferzone is om het behoud, herstel en bescherming van het huidige Natura-2000 gebied te bevorderen. Vervolgens is de uitbreiding van het areaal aan nat schraalland (N10.01) in de bufferzone een mogelijke optie. Dat is in deze studie in kaart gebracht. Het is afhankelijk van de plek in het ecohydrologische systeem of een eventuele ontgraving mogelijk is in de bufferzone. Daarnaast dienen de hydrologische condities passend te zijn.

Bodemopbouw:

- De bodem in het gebied bestaat overwegend uit veenlagen die in meer of mindere mate zijn veraard. In veenbodems waarvan de toplaag sterk is veraard, is de toplaag vaak ook kleiiger omdat het organisch stof wordt afgebroken en de kleifractie toeneemt. Tevens zijn lokaal kleiige ruggetjes aanwezig in het gebied. Deze zijn minder ingeklonken als gevolg van de ontwatering. Uit het bodemchemisch onderzoek blijkt dan ook dat de bodems rijk zijn aan aluminium (als maat voor de lutumdeeltjes in de bodem), ijzer en calcium.
- Goed gebufferde (Ca-tot >20 mmol/l en Ca-z 10.000-30.000 µmol/l), voedselarme (Olsen-P <300-500 µmol/l) bodems zijn onder de juiste hydrologische omstandigheden (grondwaterinvloed in maaiveld van circa oktober t/m maart en beperkte droogval (10-20 cm) van de toplaag in de zomerperiode) geschikt voor de ontwikkeling van blauwgrasland. De buffering van de onderzochte bodems voldoet hieraan.

Verschraling en potentie toplaag:

- De toplaag van de bodem in het onderzoeksgebied is als gevolg van het landbouwkundig gebruik verrijkt met fosfaat (Figuur 8.1) tot concentraties die te hoog zijn voor de ontwikkeling van de beoogde soortenrijke P-gelimiteerde vegetatietypen als nat schraalland (Tabel 3.2, Tabel 3.3 en Tabel 3.4). De P-concentraties in de toplaag verschillen lokaal sterk (Figuur 8.1) De gemiddelde verschralingsduur van de toplaag (25 cm) voor het realiseren van een Olsen-P concentratie van 500 µmol/l is circa 100 jaar maaien en afvoeren of 20-25 jaar uitmijnen. Een intensief verschralingsbeheer is niet altijd mogelijk (onder te natte condities) of nodig (bij de ontwikkeling van voedselrijkere natuurtypen). Lokaal biedt een beheer van maaien en afvoeren echter perspectief voor de

ontwikkeling van vochtig hooiland (op termijn nat schraalland) of kruiden- en faunarijk grasland (Figuur 3.4). De relatief lage labiel-P concentraties bieden reeds perspectief voor een kruidenrijkere ontwikkeling. Bovendien kan de P-afvoer worden versneld, en de verschralingsduur dus worden verkort, door in veenweidegebieden vaker te maaien en afvoeren (van Eekeren et al., 2021).

Verschraling en potentie diepere bodemlagen:

- Er is in 2022 gemeten tot 40 cm - maaiveld (cm-mv) en in eerder onderzoek in 2018 tot 50 cm-mv. De fosfaatconcentraties zijn doorgaans hoog in de eerste 10 à 20 cm en nemen af in de diepte (Figuur 3.1). Hierdoor is het op diverse plekken voldoende om de toplaag af te graven (ca. 10-20 cm) om op een snelle manier P-arme condities te creëren (Tabel 3.2, Tabel 3.3 en Tabel 3.4) voor de ontwikkeling van nat schraalland/vochtig hooiland of een soortenrijker (dynamisch) moeras. Lokaal zal dit in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer voldoende zijn voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuurtypen. Door de sterke buffering is afgraven van de P-rijke toplaag kansrijk voor de ontwikkeling van vochtig hooiland of onder schralere condities (vochtig of nat) schraalland (voornamelijk blauwgrasland).
- In verschillende zones is het maaiveld laag en zal jaarrond nat/vochtig zijn wanneer de gewenste peilen worden aangehouden/ingesteld. Afgraven van de P-rijke toplaag zal hier tot (permanent) nattere condities leiden, waardoor de percelen mogelijk niet meer goed toegankelijk zijn voor beheer. Deze zones zijn dan waarschijnlijk niet geschikt voor de ontwikkeling van nat schraalland. Hier kan beter ingezet worden op de ontwikkeling van een (dynamisch) moeras, onder voedselrijke condities of voedselarme tot matig voedselrijke condities (na 10-20 cm afgraven) waardoor een soortenrijkere ontwikkeling mogelijk is.
- Op P-gelimiteerde bodems is de kans op de ontwikkeling van een soortenrijke vegetatie het grootste en het risico op ongewenste verruiging het kleinst. Wanneer aanvullend verschralingsbeheer vereist is duidt dit erop dat de bodem na ontgronding nog niet voldoende P-arm is voor de beoogde ontwikkeling. Een aanvullend verschralingsbeheer biedt hier wel mogelijkheden om de gewenste P-concentraties binnen redelijke termijn te realiseren. Dit brengt echter ook risico's met zich mee. Onder licht/matig voedselrijke, vochtige tot natte omstandigheden kan de eerste jaren (wanneer aanvullende verschraling vereist is) verruiging met bijvoorbeeld pitrus optreden.

Natuurpotenties per zone op basis van de bodemchemie:

- De ontwikkelingsmogelijkheden variëren per locatie (paragraaf 3.4). De per locatie beschreven kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen worden in Tabel 4.1 en Figuur 4.1 samengevat. De bodemchemische condities zijn in combinatie met de hydrologische omstandigheden voor een groot deel bepalend voor uiteindelijke ontwikkeling.
- In de bufferzone liggen op 4 plekken die, grenzend aan het huidige nat schraalland, kansen bieden voor de uitbreiding van het areaal nat schraalland (op basis van met name de bodemchemie):
    - In de oostelijke buffer kan aan de zuidrand (locaties B03 en B05) door middel van een verschralingsbeheer van 15-25 jaar nat schraalland worden ontwikkeld.
    - In de zuidelijke buffer kan in het noordwesten (locatie B07) door middel van een verschralingsbeheer van 20-65 jaar in eerste instantie vochtig hooiland en op de langere termijn nat schraalland worden ontwikkeld.

- In de zuidelijke buffer kan in het noorden/noordoosten (locatie B11) nat schraalland worden ontwikkeld door 10 cm te plaggen.
- In het noordwestelijke deel van de westelijke buffer (locaties 2018-1 en 2018-2) wordt geadviseerd de zode in het groeiseizoen eventueel drie keer te frezen of te chopperen en vervolgens maaisel uit het referentieterrein op te brengen. Plaggen van de toplaag is ook een optie maar hiermee gaat een deel van de draagkracht van de venige bodem verloren.
  - Op basis van praktijkproeven lijkt enkele malen frezen gunstig als maatregel om de zode te doorbreken en doelvegetatiegroei op gang te brengen (data Eelerwoude). Of dit ook in het veenweidegebied goed uitpakt is nog de vraag. Dit betreft dan ook een experimentele maatregel (zie ook aanbevelingen).

- Op plekken waar het te nat wordt kan in de bufferzone worden ingezet op de ontwikkeling van een dynamisch moeras (N05.04) onder voedselrijke of voedselarmere condities (10-20 cm plaggen) of mede-afhankelijk van de peildynamiek op veenmoeras (N05.03) (onder minder voedselrijke condities). Op drogere tot vochtige voedselrijkere locaties (veelal de kleiige ruggetjes) ligt de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland voor de hand (N12.02) met een beheer van maaien en afvoeren.

Kwaliteit oppervlakkige grondwater:

- De huidige waterkwaliteit van het ondiepe grondwater wordt nu voor een groot deel beïnvloed door oxidatie de (zwavelrijke) veenbodem en pyriethoudende concreties in de bodem, wat zorgt voor zuurder, sulfaat- en ijzerhoudend grondwater. Het grondwater is niet erg P-rijk en de Fe/P ratio is positief. De mate van buffering van het grondwater en de eventuele periode waarin het grondwater in de toplaag/wortelzone komt zijn bepalend voor de buffering op de lange termijn. Aanvoer van bufferstoffen is nodig ter compensatie van de zuurvormende oxidatieprocessen die plaatsvinden bij droogval. Bij vernatting zal de sulfaatmobilisatie en verzuring afnemen maar kan P-mobilisatie plaatsvinden.
- Per saldo is er in veenweidegebieden sprake van een duivels dilemma. Oxidatie (droogval) leidt tot P vastlegging, maar ook tot sulfaatmobilisatie en uitspoeling. Natte omstandigheden leiden tot veel minder sulfaatuitspoeling maar wel weer tot P mobilisatie. Het mooie is dat er bij de P mobilisatie onder natte omstandigheden meestal veel meer ijzer wordt gemobiliseerd waardoor er ook ijzer uitspoelt naar het oppervlaktewater. Dit ijzer oxideert hier en bindt het fosfaat waarna het neerslaat in de waterbodem.

Risico's op fosfaatnalevering na vernatting:

- De fosfaatverzadigingsgraad (FVG) van enkele toplagen in het gebied is overwegend relatief laag in de toplaag (<25% en daarmee niet fosfaatverzadigd; Figuur 3.6). Op enkele locaties is de FVG hoger dan 25% (maar wel <40%). Op deze plekken is het risico op P-mobilisatie na vernatting het grootst. Op plekken waar de toplaag in de zomerperiode droogvalt (centrale zone zuidelijke buffer: kruiden- en faunrijk grasland) kan dit meevallen. Op plekken die permanent onder water komen te staan (anaerobe bodem) zal de nalevering forser zijn. Dit kan eventueel in kaart worden gebracht door een naleveringsexperiment uit te voeren met de bodems uit de betreffende zones. Een dynamisch moeras kan tot echter ontwikkeling komen onder matig voedselrijke tot voedselrijke condities. Voor de beoogde moeraszones is de mogelijke P-mobilisatie vanuit de rijke bodemlagen dan ook iets minder cruciaal. De FVG neemt af in de diepte. Door middel van een ontgronding kunnen niet alleen de bodemchemische condities voor de

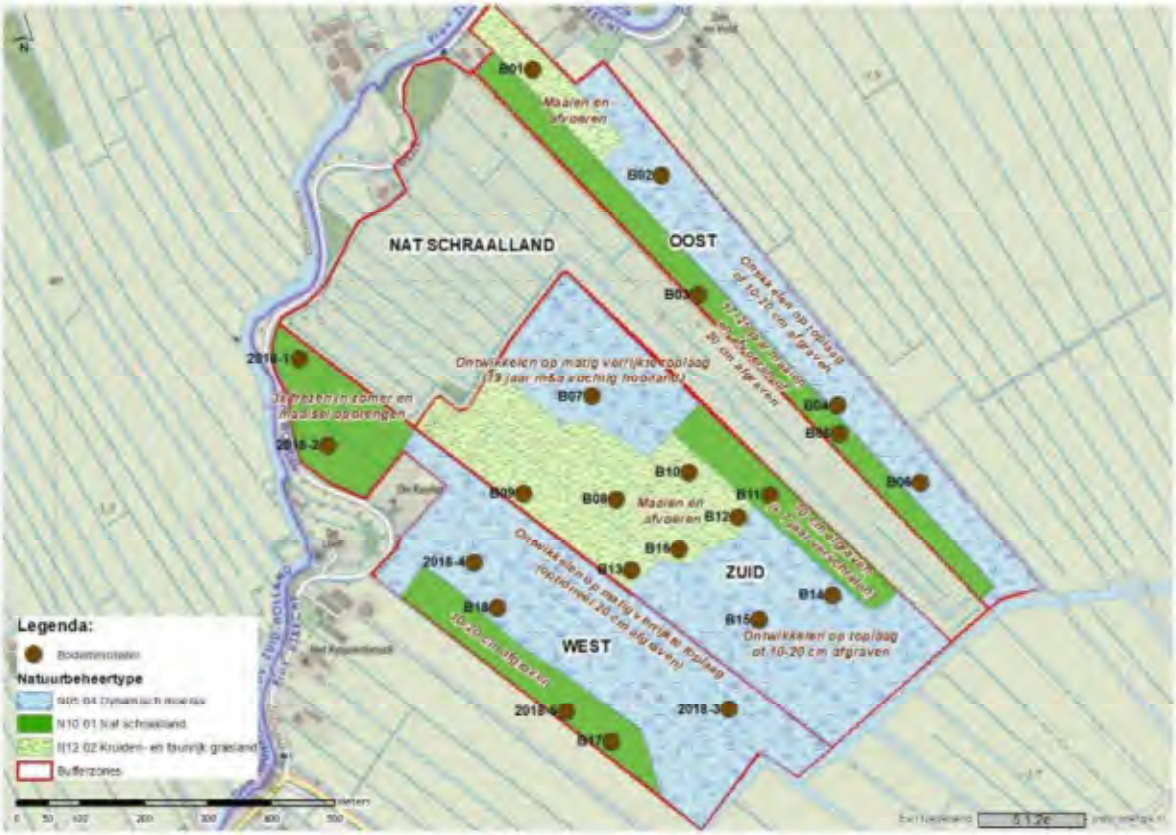
ontwikkeling van P-gelimiteerde, soortenrijke natuur worden geoptimaliseerd, maar ook de risico's op P-mobilisatie (en de nalevering van ammonium) worden verkleind.

- Vernatting van voedselrijke percelen kan, naast de effecten op de waterkwaliteit (door nalevering van fosfor en ammonium) ook effecten hebben op de vegetatieontwikkeling aangezien dit tot verruiging kan leiden.

In Tabel 4.1 worden de maatregelen en potenties per bufferzone samengevat. De natuurpotenties en vereiste maatregelen worden ruimtelijk weergegeven in Figuur 4.1.

Tabel 4.1. Overzicht van de natuurpotenties en maatregelen per bufferzone. Voor ligging van de zones/locaties zie Figuur 4.1.

Locatie(s)	Locatie(s)	Natuurbeheertype	Maatregel(en)	Aanvullend
Oostelijke buffer				
Noordelijke punt	B01	Kruiden- en faunarijk grasland	Maaien en afvoeren	
Oostelijke zone	B02, B04, B06	Dynamisch moeras	Optioneel 10-20 cm afgraven	Extra boringen/metingen bij eventueel afgraven
Randzone grenzend aan nat schraalland	B03, B05	Nat schraalland	Maaien en afvoeren of 20 cm afgraven	Extra boringen/metingen, frezen/chopperen (na verschralingsbeheer) + herintroductie
Zuidelijke buffer				
Noordelijke zone	B07	Dynamisch moeras	Ontwikkelen op toplaag. Bij maaien en afvoeren ook potentie voor vochtig hooiland na 19 jaar	Extra boringen/metingen i.v.m. eventuele potentie vochtig hooiland
Centrale zone	B08, B09, B10, B12, B13, B16	Kruiden- en faunarijk grasland	Maaien en afvoeren	
Noordoostelijke zone	B11	Nat schraalland	10 cm afgraven	Extra boringen/metingen en herintroductie
Zuidoostelijke zone	B14, B15	Dynamisch moeras	Optioneel 10-20 cm afgraven	Extra boringen/metingen bij eventueel afgraven
Westelijke buffer				
Noordwestelijke zone	2018-1, 2018-2	Nat schraalland	Maaien en afvoeren	Frezen/chopperen + herintroductie
Midden- en zuidzone	2018-3, 2018-4, B18	Dynamisch moeras	Optioneel 20 cm afgraven	Extra boringen/metingen bij eventueel afgraven
Zuidwestelijke zone	B17, 2018-5	Nat schraalland	(10-)20 cm afgraven	Herintroductie



Figuur 4.1. Overzicht van natuurontwikkelingsmogelijkheden in de bufferzones rondom de schraallanden langs de Meije inclusief de vereiste maatregelen.

Aanbevelingen

Er is sprake van ruimtelijke variatie in de bodemchemie. Het wordt aanbevolen om bij eventuele vervolgplannen/inrichting extra bodemboringen uit te voeren om de variatie in P-rijkdom meer gedetailleerd in kaart te brengen (zie Tabel 4.1). Dit om vervolgens gerichtere keuzes te maken en inrichtingsmaatregelen te nemen zodat het risico op een tegenvallende ontwikkeling na inrichting wordt beperkt. Deze extra monsterlocaties worden met name aanbevolen:

- Rondom B06 (in kaart brengen of de lage zone rondom B06 minder P-rijk is dan B06);
- Rondom B11 (in kaart brengen van de potentie van de gehele zone voor schraallandontwikkeling);
- Rondom B17/2018-5: (in kaart brengen van de potentie van de gehele zone voor schraallandontwikkeling).

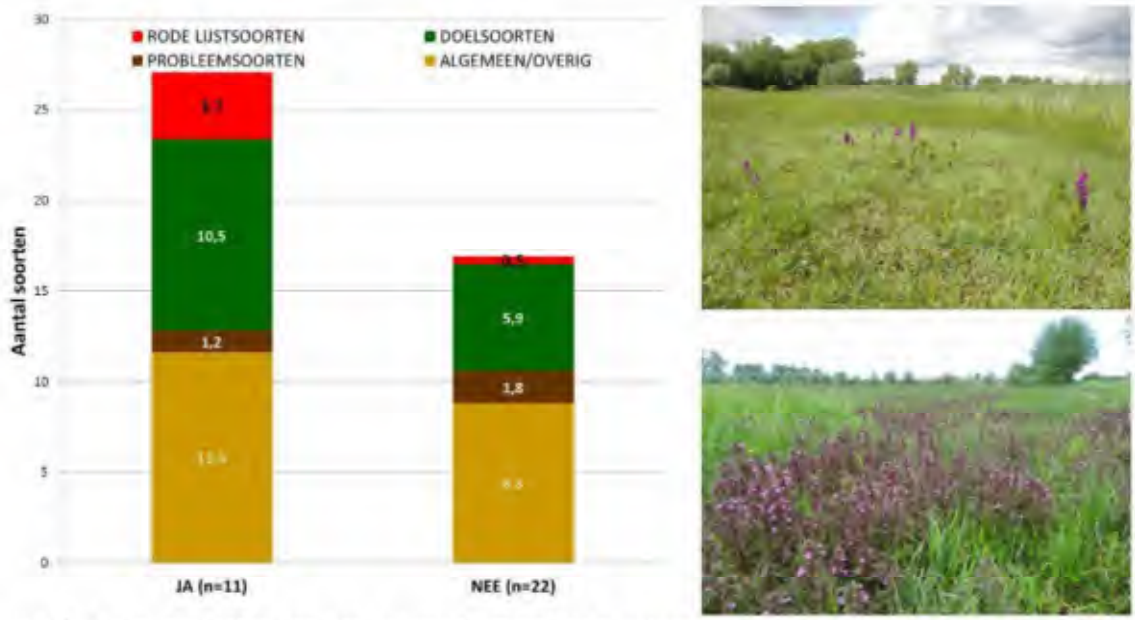
Optioneel kan ook de mate van nalevering in kaart worden gebracht van toplagen die (vrijwel) permanent onder water komen te staan. Door ook de nalevering van de bodemlagen op 10-20 en 20-30 cm-mv te meten wordt de afname in P-nalevering duidelijk: dit is de winst die kan worden behaald door 10 of 20 cm te plaggen.

Of enkele malen frezen ten behoeve van vegetatieontwikkeling in het veenweidegebied goed uitpakt is nog de vraag. Het is aan te bevelen dit op een perceel te testen waar de toplaag geschikt is voor ontwikkeling van nat schraalland (bijvoorbeeld noordzone in buffer west). Dit zou getest kunnen worden naast eventuele andere maatregelen zoals chopperen.

4.2 Aanvullende maatregelen

Wanneer afgegraven wordt op de percelen dient de eerste jaren na het afgraven van de voedselrijke toplaag maaibeheer plaats te vinden om de ontwikkeling en uitbreiding van algemene/ruigte soorten te beperken. Doordat vaak vele zaden aanwezig zijn kunnen deze algemene soorten, ook onder P-arme condities, tot ontwikkeling komen. Door middel van een maaibeheer en het aanbrengen van maaisel of plagsel kan de groei van ongewenste algemene soorten worden onderdrukt. Opgemerkt dient te worden dat de lokale ontwikkeling van ruigtes op zichzelf niet nadelig is en zelfs kan bijdragen aan de diversiteit van een gebied. Vlinders, sprinkhanen, vogels en kleine zoogdieren kunnen hiervan profiteren.

Op de afgegraven locaties wordt geadviseerd om kort na afgraven (<1 jaar) maaisel/plagsel op te brengen uit goed ontwikkelde referentielocaties om kolonisatie door doelsoorten te stimuleren (eventueel één of twee opeenvolgende jaren herhalen zolang de zode nog niet gesloten is). Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank vaak niets meer over. Natte, venige laagtes kunnen een uitzondering vormen. Zonder het uitstrooien van vers maaisel of plagsel uit geschikte referentiegebieden is de kans op vestiging van doelsoorten klein. Veel zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd op de herstelde terreinen. Het herintroduceren van doelsoorten uit zo lokaal mogelijke bronnen (in verband met de genetische diversiteit en de aanpassing aan lokale omstandigheden) leidt onder de juiste bodemchemische en hydrologische omstandigheden tot een succesvol herstel van ontgronde terreinen (Figuur 4.2). In dit geval kan voor de mogelijke schraallanden in de bufferzone maaisel uit de *Schraallanden langs de Meije* worden aangevoerd. Om de vegetatieontwikkeling tijdens verschralingsmaatregelen via maaien al op gang te brengen, kunnen eerst de schraallanden gemaaid worden en direct daarna de bufferzones. Hierdoor kunnen er vast zaden meekomen.



Figuur 4.2. Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015. Op 33 locaties zijn vegetatieopnames gemaakt in gebieden waar door middel van ontgronding (minimaal 4 jaar geleden) voedselarme condities zijn gecreëerd op voormalige landbouwgronden ten behoeve van schraallandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel (11 locaties) en geen (22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgronding, heeft plaatsgevonden. De soorten zijn verdeeld over vier klassen: Rode Lijstsoorten, Doelsoorten, Probleemsoorten en Algemene/overige soorten. Bron: Onderzoekcentrum B-WARE. Rechts: Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalland met onder ander Moeraskartelblad, Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blauwe knoop, Vetblad, Heidekartelblad, Gevlekte orchis, Welriekende nachtorchis, Brede orchis en Moeraswespenorchis door middel van het afgraven van de voedselrijke toplaag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's: [redacted].

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel (Figuur 4.2) waarbij idealiter 1 m^2 vers verzameld maaisel over 1(-2) m^2 bodem wordt verspreid. Wanneer dit niet mogelijk is, kan het maaisel in een lagere dichtheid of in kleinere over het gebied verspreide zones worden opgebracht. Wanneer vers plagsel of bodemmateriaal (indicatie dichtheid: 1 m^2 verspreiden over 15-25 m^2) uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhiza schimmels) geïntroduceerd. Mycorrhiza schimmels zijn van belang bij de opname van nutriënten onder voedselarme omstandigheden. Daarnaast beschermen ze de kiemlingen tegen verdroging. Ook het opbrengen van inheemse zaadmengsels is een optie. Het aanbrengen van maaisel, zaden of plagsel op een dichte zode is geen geschikte maatregel door het ontbreken van vestigingsplekken. Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.

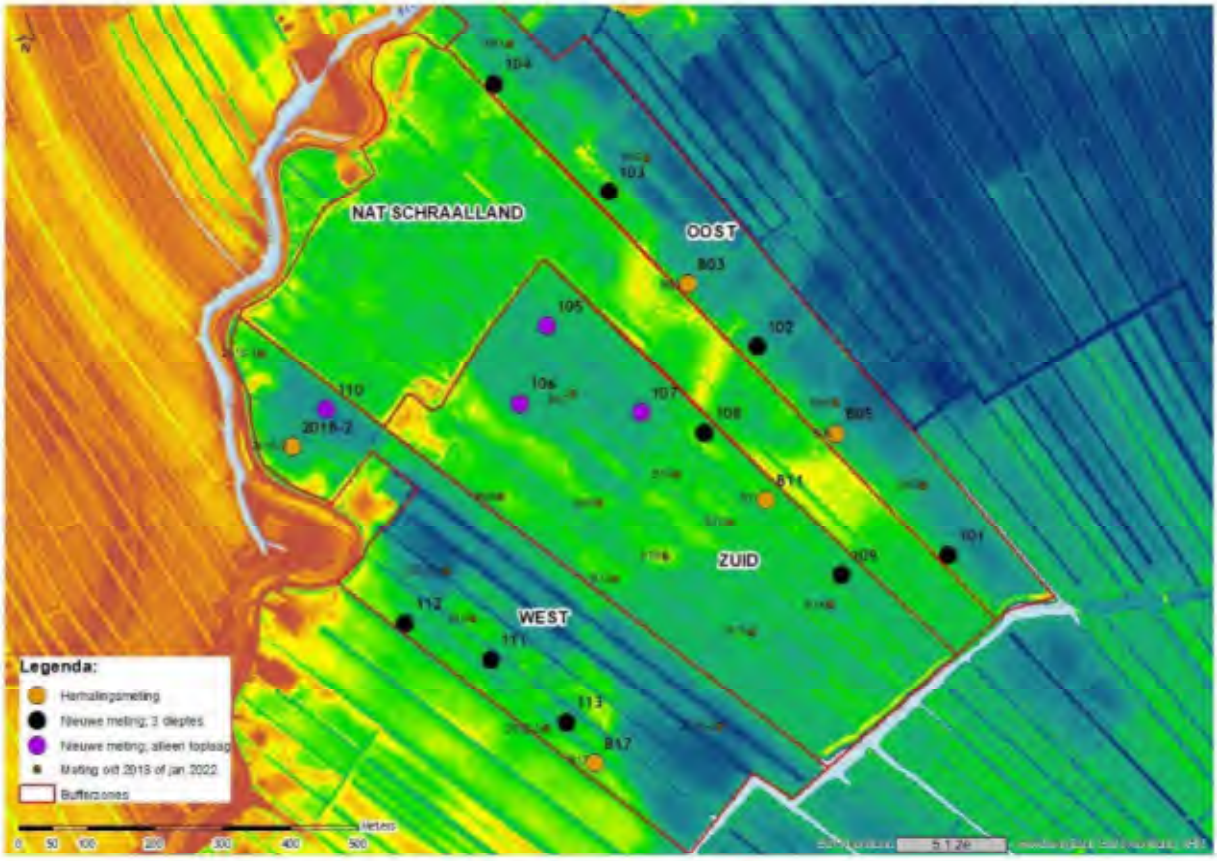
Op (matig) voedselrijke plekken waar niet wordt afgegraven kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland. 'Kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er eigenlijk geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. Wanneer witboldominantie optreedt wordt geadviseerd het maaibeheer te vervroegen. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de labiele P-fractie voldoende laag is (P-z < 1-2). Uit lopend onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (circa 900-1200 µmol/l). Om verruiging te voorkomen

wordt geadviseerd om de detailontwatering te creëren of in stand te houden zodat de P-rijke toplaag voldoende droogvalt (voorkomen P-mobilisatie).

Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd. Voor grondwaterafhankelijke natuurtypen zoals blauwgraslanden is grondwaterinvloed in de wortelzone of het maaiveld vereist van circa oktober/november t/m maart/april om verzuring, de vorming van regenwaterlenzen en de ontwikkeling van zure vegetaties (op kansrijke locaties voor (zwak) gebufferde schraallande/hooilanden) tegen te gaan. De afvoer van grond- en/of regenwater is een belangrijke vereiste: er dient doorstroming plaats te vinden in plaats van stagnatie. Op plekken waar regenwater stagneert kunnen veenmossen gaan domineren, vooral op gebufferde bodems omdat hier veel CO_2 beschikbaar komt. Inundatie met P-rijk oppervlaktewater en/of de afzetting van P-rijk slib kan echter tot verrijking en daarmee tot verruiging leiden. In de zomer dient de toplaag droog te vallen om P-binding te stimuleren en verruiging te voorkomen. In veengebieden volstaat droogval van 10-20 cm. Verdere droogval kan tot extra mineralisatie van diepere veenlagen leiden en dit is niet gewenst. Om ervoor te zorgen dat er meer infiltratie (minder droogval) plaatsvindt in de percelen, zou de greppeldichtheid kunnen worden verhoogd. Via de greppels kan dan oppervlaktewater in de percelen komen en infiltreren. Uit praktijkervaringen blijken echter wisselende resultaten te komen uit deze maatregel ten opzichte van de beoogde doelen. Greppels > 10 m uit elkaar gelegen, lijken geen (of niet per definitie) verhogend effect te hebben op de grondwaterstand (lopend onderzoek, pers. communicatie 5.1.2e). Wanneer greppels worden gegraven wordt aanbevolen om deze tijdig te schonen, voor een zo groot mogelijk effect. In verband met het veranderende klimaat (extremere weersomstandigheden) wordt geadviseerd de hydrologische omstandigheden (bij vernatting) robuust en regelbaar te maken.

5. AANVULLENDE METINGEN SEPTEMBER 2022

Naar aanleiding van het onderzoek dat is uitgevoerd in januari 2022 zijn in september 2022 extra metingen uitgevoerd. Deze metingen zijn uitgevoerd op de locaties waar potenties voor de uitbreiding van het areaal nat schraalland aanwezig waren. De boringen zijn uitgevoerd door boormeester 5.1.2e van ATKB. Diverse nieuwe locaties zijn in de kansrijke zones voor nat schraalland bemonsterd om inzicht te krijgen in de variatie binnen deze kansrijke gebieden om zo het advies meer in detail te kunnen bevestigen of aan te passen. In het eerder uitgevoerde onderzoek waren de bodemmonsters verzameld door Eelerwoude. Op deze locaties zijn opnieuw boringen uitgevoerd zodat de profielbeschrijvingen op eenzelfde wijze zijn uitgewerkt, de bodemanalyses van eenzelfde moment zijn (na een droge zomer) en de N.A.P. metingen van dezelfde periode beschikbaar zijn. Hieronder wordt de bodemchemie per zone (zie Figuur 5.1) besproken en het advies per zone definitief gemaakt.



Figuur 5.1. Hoogtekaart (AHN3) met de ligging van de monsterlocaties.

Oostelijke buffer

In de oostelijke buffer zijn extra metingen (101-104) uitgevoerd in de randzone tegen huidig natuurgebied (locatie B03 en B05 zijn opnieuw bemonsterd). In Tabel 5.1worden de resultaten van de metingen in januari en september 2022 weergegeven.

Tabel 5.1. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) in deelgebied Oostelijke buffer. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l), BV = indicatieve basenverzadiging, FVG = fosfaatverzadigingsgraad (%), M5/M8/M12 = berekende verschralingsduur (jaren) via maaien en afvoeren (P-afvoer 10 kg/ha/jr; door vaker dan 1-2 keer per jaar te maaien kan de afvoer de eerste jaren waarschijnlijk worden verhoogd) tot een streefconcentratie van 500 (bovengrens nat schraalland), 800 (bovengrens grote zeggenmoeras en vochtig hooiland) en 1200 (kruiden- en faunarijk grasland) µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 6 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<150	<10	<4000	<20				voldoende P-arm
6-10	151-250	10-20	4001-8000	21-50	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	51-100	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	151-300				matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>300	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Periode	Nr	GLG	GHG	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	M5	M8	M12
jan-22	B03			0-10	Bruin-grijs veraard veen	Oh	59	69	0,3	686	16,0	0,04	204	56	82	10	25	48	14		
				10-20	Bruin-grijs veraard veen	Oh	49	61	0,3	538	15,3	0,04	275	75	116	11	34	46	3		
				20-30	Donkerbruin half veraard veen	Om	53	66	0,3	241	10,2	0,02	348	117	117	18	49	59			
				30-40	Donkerbruin half veraard veen	Om	71	81	0,2	76	3,0	0,03	75	83	45	5	18	63			
sep-22	B03	20	60	0-10	bosveen, sterk kleiig en veraard, bv	AP	57	65	0,3	785	15,8	0,05	209	49	98	9	27	37	18		
				10-20	bosveen, sterk kleiig en veraard, bv	AP	40	60	0,4	588	15,9	0,04	386	87	174	16	52	41	7		
				20-30	bosveen, sterk kleiig en veraard, bv	AP	45	63	0,3	332	9,9	0,03	244	97	129	8	37	45			
				30-40	bosveen, sterk veraard	AP	64	75	0,2	103	5,3	0,02	130	92	75	6	26	43			
jan-22	B05			0-10	Grijs-bruin veraard veen	Oh	55	71	0,3	820	16,5	0,05	252	55	92	13	30	56	20	1	
				10-20	Grijs-bruin veraard veen	Oh	44	64	0,4	564	12,3	0,05	417	104	203	19	52	61	4		
				20-30	Grijs-bruin veraard veen	Oh	52	71	0,3	274	9,9	0,03	302	105	138	15	40	64			
sep-22	B05	10	55	0-10	bosveen, sterk kleiig en veraard, bv	AP	43	58	0,5	1077	23,8	0,05	425	95	213	17	58	55	40	19	
				10-20	bosveen, sterk kleiig en veraard, bv	AP	40	59	0,4	587	16,5	0,04	369	95	168	14	49	49	8		
				20-30	bosveen, sterk kleiig, matig veraard	A	57	71	0,3	173	8,7	0,02	221	133	129	11	35	82			
sep-22	101	10	40	0-10	bosveen, sterk kleiig en veraard, bv	AP	52	62	0,4	797	18,7	0,04	311	111	120	12	39	63	22		
				10-20	bosveen, sterk kleiig en veraard, bv	AP	61	67	0,3	210	8,3	0,03	258	127	108	10	36	65			
				20-30	bosveen, sterk kleiig en veraard	A	73	78	0,2	102	3,7	0,03	69	115	48	2	18	76			
sep-22	102	0	30	0-10	bosveen, sterk kleiig, bv	AP	47	63	0,4	1329	21,1	0,06	278	58	141	10	32	49	41	26	6
				10-20	bosveen, sterk kleiig, bv	AP	47	67	0,4	453	13,5	0,03	314	97	169	11	41	42			
				20-30	bosveen, sterk kleiig, bv	AP	53	72	0,3	284	10,1	0,03	219	101	144	9	30	44			
				30-40	bosveen, veraard	A	66	80	0,2	130	6,0	0,02	150	73	117	7	23	37			
sep-22	103	0	40	0-10	bosveen, sterk kleiig en veraard, bv	AP	35	41	0,5	2062	29,2	0,07	416	63	227	14	55	41	69	56	38
				10-20	bosveen, sterk kleiig en veraard, bv	AP	36	53	0,5	1158	20,0	0,06	514	68	270	19	64	41	35	19	
				20-30	bosveen, sterk kleiig, matig veraard	A	28	54	0,5	915	12,6	0,07	303	43	188	12	45	39	18	5	
sep-22	104	10	50	0-10	klei, sterk siltig, humeus en veraard, bv	AP	34	46	0,6	1651	29,4	0,06	479	72	267	20	71	47	64	47	25
				10-20	klei, sterk siltig, humeus en veraard, bv	AP	40	56	0,5	648	15,4	0,04	544	87	316	23	66	55	11		
				20-30	klei, sterk siltig, humeus en veraard, bv	AP	61	68	0,3	342	9,2	0,04	238	94	157	10	31	80			
				30-40	bosveen, matig veraard	A	66	72	0,3	246	5,7	0,04	139	93	61	5	19	88			

Herhalingsmeting

De herhaalde meting op locatie B03 en B05 laat een vergelijkbaar beeld zien: de toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 686-828 µmol/l in januari en 785-1077 µmol/l in september). We

zien dat de fosfaatconcentraties (vermoedelijk door de droge zomer) beperkt hoger zijn geworden waardoor de verschralingsduur 25-48 jaar bedraagt. Na 10 cm plaggen is de Olsen-P concentratie in beide periodes 500-600 µmol/l en na 20 cm plaggen 175-350 µmol/l.

Beoordeling advies
Begin 2022 is geconcludeerd dat de toplagen op locatie B03 en B05 reeds geschikt zijn voor de ontwikkeling van vochtig hooiland of met aanvullend verschralingsbeheer van 17-25 jaar voor de ontwikkeling van (voedselrijker) nat schraalland. Er is geadviseerd om door middel van 20 cm afgraven of het voeren van een verschralingsbeheer een nat schraalland te ontwikkelen.

De nieuwe data laten ditzelfde beeld zien. De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat op locatie 101 en 102 (800-1300 µmol Olsen-P/l) en wat voedselrijker op locatie 103 en 104 in het westen (1600-2100 µmol Olsen-P/l) waardoor de verschralingsduur 75-100 jaar bedraagt. Na 20 cm afgraven komt een voedselarme bodem aan het oppervlak met een Olsen-P concentratie van 100-350 µmol/l. Op locatie 101 zou ook 10 cm plaggen volstaan (210 µmol Olsen-P/l) en op locatie 103 is de bodem na 20 cm plaggen nog wat voedselrijker (915 µmol Olsen-P/l) waardoor 18 jaar aanvullend verschralingsbeheer vereist is en verruiging op kan treden.

Het nieuwe advies:

Voor het zuidelijk deel van deze randzone (vanaf circa locatie B03) blijft het advies bestaan. De toplaag is reeds geschikt voor ontwikkeling van vochtig hooiland of met aanvullend verschralingsbeheer van 17-25 jaar voor de ontwikkeling van een (voedselrijker) nat schraalland. Er is geadviseerd om door middel van 20 cm afgraven of het voeren van een verschralingsbeheer een nat schraalland te ontwikkelen.

Voor het noordelijk deel van de randzone (103 en 104) is de toplaag niet geschikt voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland door middel van een verschralingsbeheer omdat deze te voedselrijk is. Na afgraving van 20 cm is de ontwikkeling van een nat schraalland (locatie 104) of vochtig hooiland (locatie 103, mogelijk verruiging) mogelijk.

Kortom, 20 cm afgraven biedt op vijf van de zes onderzochte locaties in deze zone veel perspectief voor de ontwikkeling van nat schraalland onder de juiste hydrologische omstandigheden en in combinatie met het opbrengen van maaisel uit het referentieterrein na uitvoering van de graafwerkzaamheden. Op locatie 101 zou ook 10 cm plaggen volstaan en op locatie 103 is de bodem na 20 cm plaggen nog wat voedselrijker waardoor aanvullend verschralingsbeheer vereist is en in eerste instantie wat verruiging op kan treden.

Zuidelijke buffer

In de zuidelijke buffer zijn extra metingen (105-107) uitgevoerd van de toplaag in de noordelijke zone (rondom locatie B07) uitgevoerd. In de noordoostelijke zone zijn extra metingen uitgevoerd in de diepte (108, 109) in het perceel van locatie B11 (op locatie B11 zijn de metingen herhaald). In Tabel 5.2 worden de resultaten van de metingen in januari en september 2022 weergegeven.

Tabel 5.2. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) in deelgebied Zuidelijke buffer. Voor de gebruikte parameters en kleurarceringen zie Tabel 5.1.

Periode	Nr	GLG	GHG	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Olsen-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	M5	M8	M12
jan-22	B11			0-10	Bruin veraard veen	Oh1	53	59	0,4	2012	26,6	0,08	492	52	168	26	56	46	63	50	34
				10-20	Bruin veraard veen	Oh1	58	56	0,3	637	10,1	0,06	385	52	164	20	37	96	7	0	0
				20-30	Zwart-bruin veraard veen korrelig	Oh2/Om	62	63	0,3	351	9,6	0,04	315	54	150	16	29	123	0	0	0
				30-40	Donkerbruin veraard veen	Om	75	75	0,2	287	4,5	0,06	133	32	76	6	13	95	0	0	0
sep-22	B11	20	60	0-10	mosveen, sterk veraard, bv	AP	45	37	0,4	895	15,8	0,06	366	47	168	16	47	40	22	5	0
				10-20	mosveen, sterk veraard, bv	AP	39	44	0,4	733	11,2	0,07	432	51	185	16	50	47	11	0	0
				20-30	mosveen, matig veraard	A	79	72	0,2	245	3,6	0,07	92	39	47	2	7	73	0	0	0
sep-22	108	20	60	0-10	mosveen, sterk veraard, bv	AP	41	42	0,5	1118	21,1	0,05	529	87	217	23	75	51	37	19	0
				10-20	mosveen, sterk veraard, bv	AP	44	48	0,4	572	13,9	0,04	621	68	260	27	72	62	5	0	0
				20-30	mosveen, matig veraard	A	68	62	0,3	371	7,3	0,05	200	46	96	9	22	96	0	0	0
sep-22	109	20	60	0-10	bosveen, sterk kleilig en veraard, bv	AP	39	37	0,5	1458	25,8	0,06	613	67	255	28	75	53	53	36	14
				10-20	bosveen, sterk kleilig en veraard, bv	AP	27	44	0,7	1882	35,1	0,05	924	102	389	48	115	74	81	63	40
				20-30	bosveen, sterk kleilig en veraard, omgew.	A	48	57	0,5	817	23,1	0,04	389	113	170	14	43	69	28	2	0
jan-22	B07			0-10	Bruin half veraard veen	Om	46	65	0,4	1021	26,0	0,04	405	76	146	22	49	48	41	18	0
				10-20	Bruin half veraard veen	Om	43	60	0,4	814	22,5	0,04	573	97	196	31	69	47	27	1	0
				20-30	Bruin half veraard veen	Om	56	66	0,3	245	10,2	0,02	288	101	99	17	42	46	0	0	0
				30-40	Bruin half veraard veen	Om	65	74	0,2	101	4,7	0,02	145	91	61	11	30	52	0	0	0
sep-22	105	0	15	0-15	bosveen, sterk kleilig en veraard, bv	AP	50	65	0,4	727	18,7	0,04	298	62	111	11	31	42	27	0	0
sep-22	106	0	30	0-20	bosveen, sterk kleilig en veraard	A	60	69	0,3	362	10,9	0,03	228	72	100	9	30	67	0	0	0
sep-22	107	0	35	0-20	bosveen, sterk kleilig en veraard	A	41	59	0,5	763	15,8	0,05	461	79	224	17	50	52	34	0	0

Noordoostelijke zone

Herhalingsmeting

Op locatie B11 is een herhalingsmeting uitgevoerd. In september zijn de fosfaatconcentraties lager dan in januari (895 µmol/l Olsen-P en 15,8 mmol/l totaal-P vs. 2012 µmol/l Olsen-P en 26,6 mmol/l totaal-P). De variatie in voedselrijkdom van de toplaag is dus groot. Na 10 cm plaggen is de bodem geschikt voor vochtig hooiland (733 µmol/l Olsen-P; 11 jaar aanvullend maaien en afvoeren voor nat schraalland) en na 20 cm plaggen voor nat schraalland (245 µmol/l Olsen-P).

Beoordeling advies

Begin 2022 is geconcludeerd dat op locatie B11 de toplaag sterk verrijkt is met fosfaat en daarmee ongeschikt voor de ontwikkeling van (voedselrijker) nat schraalland. Als 10 cm wordt afgegraven is de bodem geschikt voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland of, in combinatie met 7 jaar maaien en afvoeren, voor een nat schraalland.

In dezelfde zone als B11 zijn de extra locaties 108 en 109 bemonsterd. De toplaag op beide locaties is verrijkt met fosfaat (1118-1458 µmol/l Olsen-P en 21,2-25,8 mmol/l totaal-P). Op locatie 108 nemen de fosfaatconcentraties af onder de toplaag (0-10 cm-mv; 572 µmol/l Olsen-P en 13,9 mmol/l totaal-P), op locatie 109 nemen deze pas af onder de bouwvoor (0-20 cm-mv; 817 µmol/l Olsen-P en 23,1 mmol/l totaal-P). Hierdoor is de ontwikkeling van een vochtig hooiland op locatie 108 na 10 cm afgraven mogelijk en op locatie 109 na 20 cm afgraven.

Het nieuwe advies:

Op basis van het advies van begin 2022 zou na afgraving van 10 cm de bodem voor een groot deel in deze zone geschikt zijn voor vochtig hooiland. In het noordelijk deel van deze bufferzone is de

toplaag van de bodem wisselend verrijkt met fosfaat (900-2000 µmol/l Olsen-P) waardoor het perspectief van verschralingsbeheer onzeker is. Wanneer 10 cm wordt afgegraven in de zone van de locaties 108 en B11 is de bodem voldoende voedselarm (550-750 µmol/l Olsen-P) voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland en in combinatie met circa 5-10 jaar maaien en afvoeren voor een nat schraalland. Ter hoogte van locatie 109 levert 10 cm plaggen geen winst op en is de bodem na 20 cm plaggen ook nog te rijk (817 µmol/l Olsen-P). Dit biedt perspectief voor een wat voedselrijker vochtig hooiland maar er is circa 30 jaar maaien en afvoeren vereist voor een nat schraalland. Op deze plek kan wellicht beter niet worden afgegraven en worden ingezet op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag.

Kortom, de voedselrijkdom van de toplaag varieert fors. Na 10 cm plaggen ter hoogte van locatie B11 en 108 is de bodem voldoende voedselarm voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland en in combinatie met circa 5-10 jaar maaien en afvoeren voor een nat schraalland. Dit geldt onder de juiste hydrologische omstandigheden en in combinatie met het opbrengen van maaisel uit het referentieterrein na uitvoering van de plagwerkzaamheden. Ter hoogte van locatie 109 kan een kruiden- en faunarijk grasland worden ontwikkeld op de toplaag door middel van maaien en afvoeren (of 20 cm afgraven voor de ontwikkeling van een wat voedselrijker vochtig hooiland).

Noordelijke zone

Beoordeling advies

Begin 2022 is geconcludeerd dat onder de toplaag van locatie B07 de fosfaatconcentraties sterk afnemen. In verband met de ligging is plaggen hier geen optie, De toplaag is met circa 19 jaar maaien en afvoeren echter geschikt voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland met een Olsen-P concentratie van 800 µmol/l. Wanneer langer verschralingsbeheer wordt toegepast (65 jaar) kan op lange termijn zelfs een nat schraalland ontwikkeld worden, onder de juiste hydrologische omstandigheden. Aangezien het relatief nat is wordt in eerste instantie geadviseerd om in te zetten op de ontwikkeling van een dynamisch moeras op de huidige toplaag. Door de beperkte voedselrijkdom liggen er wellicht meer mogelijkheden in deze zone.

In dezelfde zone als B07 zijn de extra locaties 105, 106 en 107 bemonsterd. Hiervan is alleen de toplaag (0-15/20 cm-mv) bemonsterd. Uit de bodemchemie van deze locaties blijkt dat de toplaag op deze locaties niet tot zeer beperkt verrijkt is met fosfaat (362-762 µmol/l Olsen-P en 10,9-18,7 mmol/l totaal-P) en geschikt is voor de ontwikkeling van vochtig hooiland (Ca-t: 62-79 mmol/l) onder de juiste hydrologische omstandigheden (beperkte droogval van de toplaag in de zomer).

Het nieuwe advies:

Op basis van de nieuwe data kan het oude advies gehandhaafd worden. Het ziet er alleen maar positiever uit. Op de nieuwe locaties is de huidige toplaag al geschikt voor vochtig hooiland. Voor het stimuleren van de ontwikkeling van doelsoorten kan men overwegen om de huidige zode te chopperen of te frezen en maaisel uit een doelvegetatie op te brengen. Mogelijk kan dit eerst kleinschalig worden geprobeerd, echter wel op een plek waar waterafvoer mogelijk is (geen 'badkuipje' creëren).

Westelijke buffer

In de westelijke buffer zijn extra metingen uitgevoerd in de noordwestelijke zone (locatie 2018-2) en de zuidwestelijke zone (111-113). Er zijn twee herhalingsmetingen uitgevoerd (locatie 2018-2 en B17). In Tabel 5.3 worden de resultaten van de metingen in oktober 2018 en januari en september 2022 weergegeven.

Tabel 5.3. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) in deelgebied Westelijke buffer. Voor de gebruikte parameters en kleurarceringen zie Tabel 5.1.

Periode	Nr	GLG	GHG	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	M5	M8	M12
jan-22	B17			0-10	Bruin-zwart veraard veen	Oh1	40	47	0,5	1404	22,8	0,06	483	67	218	25	68	65	46	31	10
				10-20	Bruin-zwart veraard veen	Oh1	41	51	0,4	842	13,3	0,06	353	39	185	17	46	61	17	2	0
				20-30	Zwart veraard veen	Oh2	35	55	0,3	699	9,6	0,07	280	30	190	15	38	63	9	1	0
				30-40	Zwart veraard veen	Oh2	10	37	0,8	1105	11,2	0,10	840	39	300	54	195	33	16	10	6
sep-22	B17	20	70	0-10	bosveen, sterk kleiig en veraard, bv	AP	42	38	0,4	1038	21,5	0,05	430	69	208	23	67	60	35	15	6
				10-20	bosveen, sterk kleiig en veraard, bv	AP	41	42	0,4	779	15,5	0,05	531	51	217	30	71	59	17	3	0
				20-30	bosveen, sterk kleiig en veraard, bv	AP	45	45	0,4	678	13,6	0,05	397	49	203	21	55	68	11	0	0
				30-40	klei, matig siltig	BC	11	35	0,7	778	8,6	0,09	489	35	211	22	138	34	8	0	0
okt-18	2018-5			0-20	veen, sterk kleiig		39	48	0,4	1312	27,6	0,05	221	59	137	12	37	45	67	67	15
				20-30	veen, zwak kleiig		48	59	0,4	523	11,3	0,05	214	80	124	10	31	73	2	1	0
				30-40	veen, zwak kleiig		69	73	0,2	216	5,8	0,04	82	78	52	3	15	103	0	0	0
				40-50	veen, zwak kleiig		69	76	0,2	166	4,6	0,04	65	68	40	2	13	101	0	0	0
sep-22	111	10	65	0-10	veen, sterk kleiig en veraard, bv	AP	47	39	0,5	1589	27,2	0,06	493	81	212	30	81	69	58	42	21
				10-20	veen, sterk kleiig en veraard, bv	AP	47	38	0,5	1157	23,1	0,05	487	75	240	25	72	86	41	22	6
				20-30	veen, sterk kleiig en veraard, bv	AP	51	41	0,5	909	20,1	0,05	419	72	263	19	60	100	28	7	0
sep-22	112	10	70	0-10	klei, sterk siltig en humeus, bv	AP	28	35	0,5	1692	30,3	0,06	561	81	217	31	104	43	67	50	28
				10-20	klei, sterk siltig en humeus, bv	AP	27	36	0,6	1222	21,6	0,06	536	77	225	24	88	40	40	23	1
				20-35	klei, sterk siltig en humeus, bv	AP	29	38	0,6	1188	25,8	0,05	538	87	240	23	88	47	70	39	6
				35-45	bosveen, sterk kleiig en veraard	A	41	51	0,5	885	19,3	0,05	445	87	170	21	72	65	26	6	0
sep-22	113	0	50	0-10	bosveen, sterk kleiig en veraard, bv	AP	37	36	0,6	1866	36,9	0,05	565	97	279	28	88	60	83	66	41
				10-20	bosveen, sterk kleiig en veraard, bv	AP	34	46	0,5	597	14,9	0,04	425	173	207	18	61	167	8	3	0
				20-30	bosveen, sterk kleiig en veraard	A	60	60	0,4	868	18,0	0,05	467	61	171	21	64	37	24	4	2
okt-18	2018-1			0-20	klei, sterk humeus		28	44	0,5	817	24,9	0,03	406	67	215	27	72	45	60	3	0
				20-30	veen, zwak kleiig		38	53	0,4	480	11,6	0,04	288	48	198	18	43	65	9	3	0
				30-40	veen, zwak kleiig		57	66	0,3	277	7,7	0,04	136	48	162	7	19	101	1	1	0
				40-50	veen, zwak kleiig		48	73	0,3	184	5,5	0,03	108	35	64	7	22	83	1	1	0
okt-18	2018-2			0-20	klei, sterk humeus		38	50	0,5	427	19,5	0,02	278	77	161	18	60	52	4	0	0
				20-30	klei, sterk humeus		40	54	0,4	366	14,0	0,03	318	88	224	23	63	67	3	0	0
				30-40	veen, zwak kleiig		58	70	0,3	154	5,5	0,03	124	70	71	8	24	99	0	0	0
				40-50	veen, zwak kleiig		66	75	0,2	116	3,6	0,03	70	53	36	4	14	93	0	0	0
sep-22	2018-2	10	50	0-20	bosveen, sterk siltig, humeus en veraard, bv	AP	33	35	0,6	1284	31,5	0,04	470	101	234	20	86	52	13	74	13
sep-22	110	0	50	0-20	bosveen, sterk kleiig en veraard, bv	AP	38	57	0,5	554	13,6	0,04	644	108	247	31	91	83	8	0	0

Noordwestelijke zone

Herhalingsmetingen

Op locatie 2018-2 is de bodemchemie sterker veranderd. De tussenliggende periode is ook langer (circa 4 jaar). De toplaag heeft onder andere een lager organisch stofgehalte (van 38 naar 33%). hogere fosfaatconcentraties (van 427 µmol/l Olsen-P en 19,5 mmol/l totaal-P naar 1284 µmol/l Olsen-P en 31,5 mmol/l totaal-P) en een hoger aluminium-totaal concentratie (278 naar 470 mmol/l). Het organisch stofgehalte is afgenomen en de aluminium-totaal concentratie is toegenomen, dit kan erop duiden dat de veenbodem verder is veraard (door meerdere droge zomers) met als gevolg ook veranderingen in andere bodemchemische parameters. Het is ook mogelijk dat de ruimtelijke variatie in voedselrijkdom/samenstelling van de toplaag groot is en de afwijkingen het gevolg zijn van het niet exact op dezelfde plek uitvoeren van de herhaalmeting (i.v.m. afwijking GPS).

Beoordeling advies

De toplaag van locatie 2018-1 (817 µmol/l Olsen-P; in combinatie met enkele jaren maaien en afvoeren) was geschikt voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland. Op langere termijn kan er met voortzetting van verschralingsbeheer doorontwikkeld worden naar een schraalland. Op locatie 2018-2 is de toplaag reeds arm genoeg (427 µmol/l Olsen-P) voor de ontwikkeling van een (nat) schraalland.

In dezelfde zone als 2018-1 en 2018-2 is de extra locatie 110 bemonsterd. Hier is alleen de toplaag (0-20 cm-mv) bemonsterd. Uit de bodemchemie van deze locatie blijkt dat op deze locatie de toplaag relatief fosfaatarm is (554 µmol/l Olsen-P en 13,6 mmol/l totaal-P) en geschikt is voor de ontwikkeling van vochtig hooiland/nat schraalland (Ca-t: 108 mmol/l).

Het nieuwe advies:

Op basis van de nieuwe data blijkt vooral de laagste gelegen zone (locatie 110) relatief voedselarm en geschikt te zijn voor de ontwikkeling van vochtig hooiland/nat schraalland. De flanken aan de zuid- en westzijde zijn wat voedselrijker (817 (meting 2018) tot 1284 (meting september 2022) µmol/l Olsen-P) en meer geschikt voor kruiden- en faunarijk grasland (op termijn mogelijk vochtig hooiland).

Kortom, in de laagte rondom locatie 110 is de toplaag geschikt voor de ontwikkeling van nat schraalland/vochtig hooiland onder de juiste hydrologische omstandigheden. Voor het stimuleren van de ontwikkeling van doelsoorten kan men overwegen om de huidige zode te chopperen of te frezen en maaisel uit een doelvegetatie op te brengen.

Zuidwestelijke zone

Herhalingsmetingen

Op locatie 2018-2 en B17 is een herhalingsmeting uitgevoerd. Op locatie B17 is in september 2022 een vergelijkbare situatie als in januari 2022 aangetroffen.

Beoordeling advies

Begin 2022 is geconcludeerd dat de toplagen op beide locaties (locatie 2018-5 en B17) waren verrijkt met fosfaat. De toplaag is in combinatie met diverse jaren maaien en afvoeren geschikt voor de ontwikkeling van een (voedselrijker) kruiden- en faunarijk grasland. Na afgraving van 10 (minimaal) en 20 cm (optimaal) is de bodem overwegend geschikt voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland. Wanneer het verschralingsbeheer wordt voortgezet kan er worden doorontwikkeld naar een nat schraalland.

In dezelfde zone als 2018-5 en B17 zijn de extra locaties 111, 112 en 113 bemonsterd. De nieuwe bodemchemische data laten zien dat op deze drie locaties ook de toplaag is verrijkt met fosfaat (totaal-P: 27,2-36,9 mmol/l en Olsen-P: 1589-1866 µmol/l). Alleen op locatie 113 (meest zuidelijk gelegen locatie) nemen de fosfaatconcentraties meteen af onder de toplaag (totaal-P: 14,9 mmol/l en Olsen-P: 597 µmol/l). Na afgraving van 10 cm is de ontwikkeling van vochtig hooiland op deze locatie mogelijk.

Op locatie 111 en 112, gelegen aan de noordkant van deze zone, is de bodem dieper en sterker verrijkt (op 10-20 cm-mv: totaal-P: 21,6-23,1 mmol/l en Olsen-P: 1157-1222 µmol/l). Hierdoor kan worden geconcludeerd dat het advies voor deze locaties voor een deel aangepast moet worden.

Hier kan men beter inzetten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag.

Het nieuwe advies:

Voor de zone met de locaties B17, 113 en 2018-5 blijft het advies bestaan. Na afgraving van 10 cm (500-800 µmol/l Olsen-P) is de ontwikkeling van een nat schraalland/vochtig hooiland mogelijk. Het afgraven van 20 cm levert geen verdere afname van de voedselrijkdom op (500-870 µmol/l Olsen-P). In de zone met de locaties 111 en 112 kan men beter inzetten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland op de huidige toplaag (1500-1700 µmol/l Olsen-P).

Kortom, de zone met de locaties B17, 113 en 2018-5 is na afgraving van 10 cm (minimaal; 500-800 µmol/l Olsen-P) geschikt voor de ontwikkeling van een nat schraalland/vochtig hooiland. De zone met de locaties 111 en 112 is geschikt voor de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland op de huidige toplaag.

6. LITERATUUR

Belgers, J., and G. Arts. 2003. Moerasvogels op peil; deelrapport 1: peilen op riet; literatuurstudie naar de sturende processen en factoren voor de achteruitgang en herstel van jonge verlandingspopulaties van riet (Phragmites australis) in laagveenmoerassen en rivierkleigebieden. Alterra.

Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen (2016) Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad Natuur Bos Landschap* maart: 10-13.

Broek, T. van den & A. Smolders (2018) Herfst- en winterinundatie als herstelmaatregel in blauwgraslanden Schraallanden langs de Meije. Rapport Royal Haskoning DHV & Onderzoekcentrum B-WARE.

Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.

Convention on Wetlands (2021) Global guidelines for peatland rewetting and restoration. *Ramsar Technical Report* No. 11. Gland, Switzerland: Secretariat of the Convention on Wetlands.

Diggelen, J.M.H., G. van Dijk, C. Cusell, J. van Belle, A. Kooijman, T. van den Broek, R. Bobbink, I.S. Mettrop, L.P.M. Lamers & A.J.P. Smolders (2018) Onderzoek naar de effecten van stikstof in overgangs- en trilvenen. OBN-rapportnummer 2018/OBN220-LZ. VBNE, Driebergen.

De Becker, P. (2004) Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende Alno/Padion en Alnion incanae/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.

Diggelen, J.H.M. van & A.J.P. Smolders (2016) Pilot en monitoringsprogramma Effecten Plas-Dras. P-mobilisatie experiment. Onderzoekcentrum B-WARE projectnummer: PR-16.017.

Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma (2005) OGOR Natuur in Noord-Brabant. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.

Eekeren, N. van, T. van den Broek, B. Timmermans, Y. Egas, A. Koornneef & R. Terlouw (2021) Uitmijnen of plaggen voor nat schraalland in de Krimpenerwaard: proefresultaten 2020-2021. Publicatienummer 2021-042 LbD. Louis Bolk Instituut, Bunnik.

Fritz, C., L. Lamers, G. van Dijk, F. Smolders & H. Joosten (2014) Paludicultuur - kansen voor natuurontwikkeling en landschappelijke bufferzones op natte gronden. Vakblad Natuur Bos Landschap mei: 4-9.

Geurts J.J.M., Smolders A.J.P., Banach A.M., van de Graaf J.P.M., Roelofs J.G.M. & L.P.M. Lamers. (2010) The interaction between decomposition, N and P mineralization and their mobilization to the surface water in fens. Water Research 44: 3487-3495.

Günther, A., Barthelmes, A., Huth, V., Joosten, H., Jurasinski, G., Koebsch, F. & Couwenberg, J. (2020) Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *Nature Communications* 11: 1644.

60217 0006

Klimkowska, A., R. van Diggelen, J.P. Bakker & A.P. Grootjans (2007) Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* **140**: 318-328.

Lamers, L.P.M., E.C.H.E.T. Lucassen, A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2005) Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H_2O* **38** (17): 28-30.

Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs (2009) Verpitrussing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* **110** (1): 43-46.

Lucassen E., Chardon W., Dorland E., Van der Sluys M., Poelen M. & Smolders A. (2015) IJzerrijk drinkwaterslib en verschraling landbouwgronden. Proof of principle. Landschap 32(4) 160-169.

Lucassen, E.C.H.E.T., P.J. Westendorp, E.J.H. Bohnen-Verbaarschot, M. Poelen & A.J.P. Smolders (2017). Sturende factoren in de ontwikkeling van rietmoeras. Landschap 34(3): 119-127.

Mullekom, M. van, A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Mullekom, M. van, F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs (2009) Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **6**: 2-7.

Mullekom, M. van & F. Smolders (2012) Bodemchemisch onderzoek Gooiermars. Onderzoek naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden op voormalige landbouwgronden. Rapport 2012.34, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M. Weijters, H.B.M. Tomassen, R. Bobbink, A.J.P. Smolders (2013) Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* **114**: 120-126.

Mullekom, M. van & A.J.P. Smolders (2017) Bodemonderzoek landbouwpercelen Landgoederenzone Oldenzaal. Rapportnummer: RP-16.124.17.12, Onderzoekcentrum B-WARE. In opdracht van Provincie Overijssel.

Mullekom, M. van, H. Tomassen, A. Visscher & F. Smolders (2018) Bodemchemisch onderzoek voormalige landbouwgronden polder Westveen - onderzoek naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden. In opdracht van Provincie Zuid-Holland. Rapportnummer: RP-18.073.18.62, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Mullekom, M. van, Y. Verstijnen, E. Bohnen-Verbaarschot & A.J.P. Smolders (2018) Biogeochemisch onderzoek Leegveld. Onderzoekcentrum B-WARE rapportnummer: RP-17.174.18.10. In opdracht van Provincie Noord-Brabant.

Mullekom, M. van, A. Visscher & F. Smolders (2019) Bodemchemische quickscan Zegveld. In opdracht van Provincie Utrecht. Rapportnummer: RP-18.171.18.78, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Department of Agriculture* circular No. 939.

Provincie Utrecht (2021) Voorlopig ontwerp Schraallanden langs de Meije. Opdrachtomschrijving.

Schoumans, O. (2004) Inventarisatie van de fosfaatverzadiging van landbouwgronden in Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 730.4. 50 blz.; 11 fig.; 5 tab.; 35 ref.

60217 0006

Smolders, A.J.P., L.P.M. Lamers, M. Moonen, K. Zwaga & J.G.M. Roelofs (2001) Controlling phosphate release from phosphate-enriched sediments by adding various iron compounds. Biogeochemistry 54: 219-228.

Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006) De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **3**(4): 5-11.

Smolders, A., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen, & E. Brouwer (2009) Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* **110**: 33-38.

Smolders A., Van den Broek T., Lucassen E. & Spanjers B. 2012. Monitoring proefsloten Lopikerwaard: hoe werkt een boerensloot in het veenweidegebied?. H2O 2012(17): 30-32.

Smolders, F., van Mullekom, M., Tomassen, H. & Westendorp P.J. (2019) Waterkwaliteitsproblemen tot in de bodem uitgezocht. Brochure 2019, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2012) Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **1**: 12-15.

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2016) Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* **45**: 701-708.

Tsiafouli, M.A., E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C. de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett, M.V. Brady, L. Bjornlund, H.B. Jørgensen, S. Christensen, T. D' Hertefeldt, S. Hotes, W.H.G. Hol, J. Frouz, M. Liiri, S.R. Mortimer, H. Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V. Wolters & K. Hedlund (2015) Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* **21**: 973-985.

Welle, M. van der, I. Jensen & T. van den Broek (2012) Hydro-ecologische en bodemchemische systeemanalyse van de Schraallanden langs de Meije. Projectnummer 9W4238a0 en 9X1414a0, Royal HaskoningDHV, Rotterdam.

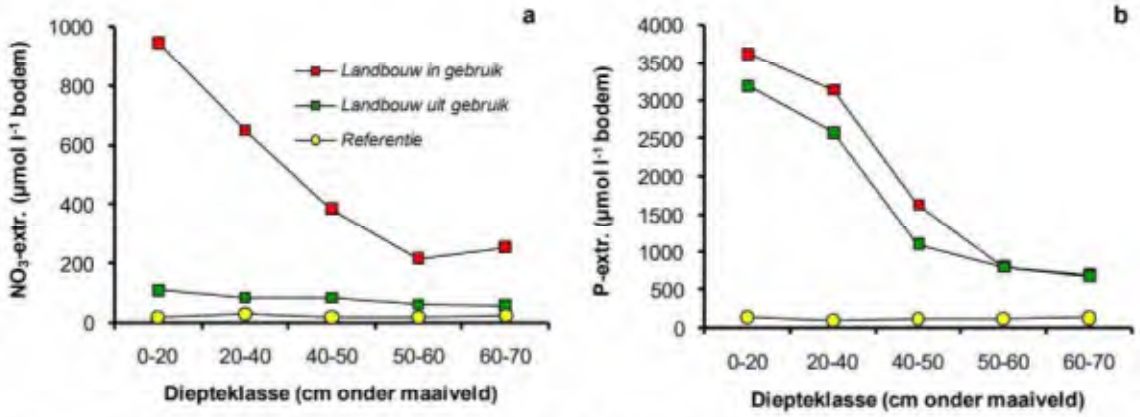
60217 0006

7. BIJLAGE: NATUURONTWIKKELING OP VOORMALIGE LANDBOUWGROND

7.1 Belang fosfaatlimitatie

De kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de beschikbaarheid van nutriënten als fosfor (P) en stikstof (N). Stikstoflimitatie is moeilijk te bereiken vanwege de hoge stikstofdepositie in Nederland en ook omdat onder relatief stikstofarme omstandigheden stikstofbindende soorten zich sterk uitbreiden. Het is daarom van belang om te sturen op fosforlimitatie.

Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Figuur 7.1; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006). Fosfor daarentegen wordt sterk in de bodem gebonden en de fosforbeschikbaarheid neemt na beëindiging van het agrarische gebruik niet sterk af (Figuur 7.1; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Het is daarom van belang om met maatregelen de beschikbaarheid van fosfor in de bodem te reduceren (zie paragraaf 7.3).

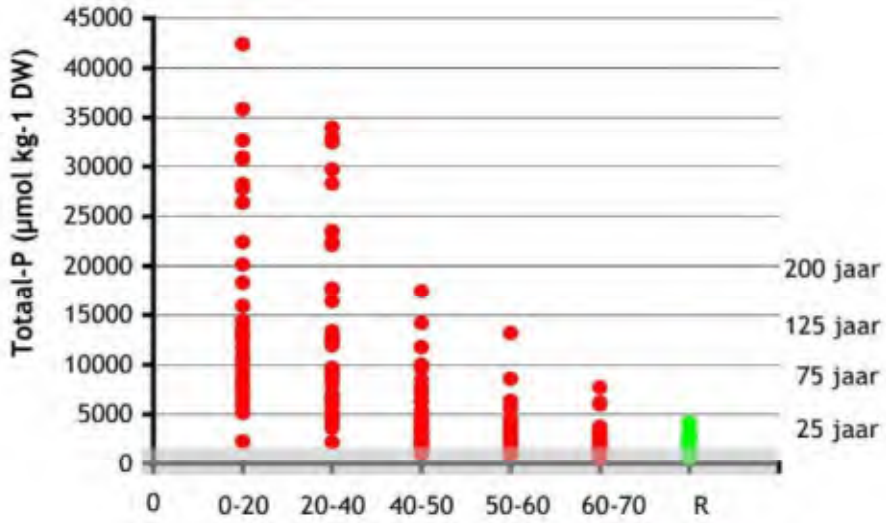


Figuur 7.1. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de bodem niet meer in landbouwkundig gebruik is doordat het uitspoelt naar het grondwater of wordt gedenitrificeerd. Het sterk in de bodem gebonden (immobiele) fosfaat verdwijnt echter niet op een natuurlijke wijze uit de bodem. Bron: Lamers e.a. (2009).

7.2 Fosfaatbeschikbaarheid

In tegenstelling tot stikstof neemt de fosforbeschikbaarheid niet door uitspoeling sterk af. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde uitgangssituatie te krijgen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd) (Figuur 7.2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag meestal onontkoombaar. Hierbij is het belangrijk om vast te stellen tot hoe diep ontgrond moet worden om een voldoende P-arme uitgangssituatie te creëren. Dit kan door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten (Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; van Mullekom e.a., 2013).

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders e.a., 2006). In de bodem zorgen geoxideerde ijzerverbindingen (ijzer(hydr)oxiden; roest) in belangrijke mate voor de vastlegging van fosfaat. Onder natte condities kan er geen zuurstof meer in de bodem doordringen waardoor geoxideerde ijzerverbindingen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen.



Figuur 7.2. Totaal-P concentraties in verschillende voormalige landbouwgronden (rood) en referentiegebieden (R, groen). Op de X-as wordt de diepte in cm weergegeven waarop de monsters zijn genomen. Het grijze gebied geeft de streefwaarde van 2500 µmol totaal-P per kilogram droge bodem. Rechts wordt het aantal jaren gegeven dat nodig is om de totaal-P waarden te laten dalen tot deze referentiewaarde door middel van maaien en afvoeren, aannemende dat er 10 kg P per hectare per jaar kan worden afgevoerd. Bron: Smolders e.a. (2006).

7.3 Verschralingsmaatregelen

Verschraling (limitatie van voedingsstoffen) op voormalige landbouwgronden kan op verschillende manieren bereikt worden. De verschillende gangbare methoden worden in de volgende alinea's beknopt toegelicht en kunnen met elkaar gecombineerd worden:

Extensieve begrazing

Bij extensieve begrazing worden nutriënten opgenomen door grazers. Via mest en urine komen ze dan elders weer vrij. Probleem hiervan is echter dat dit vooral leidt tot herverdeling van nutriënten binnen het gebied en veel minder tot de afvoer van nutriënten. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*), niet of weinig gegeten, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009).

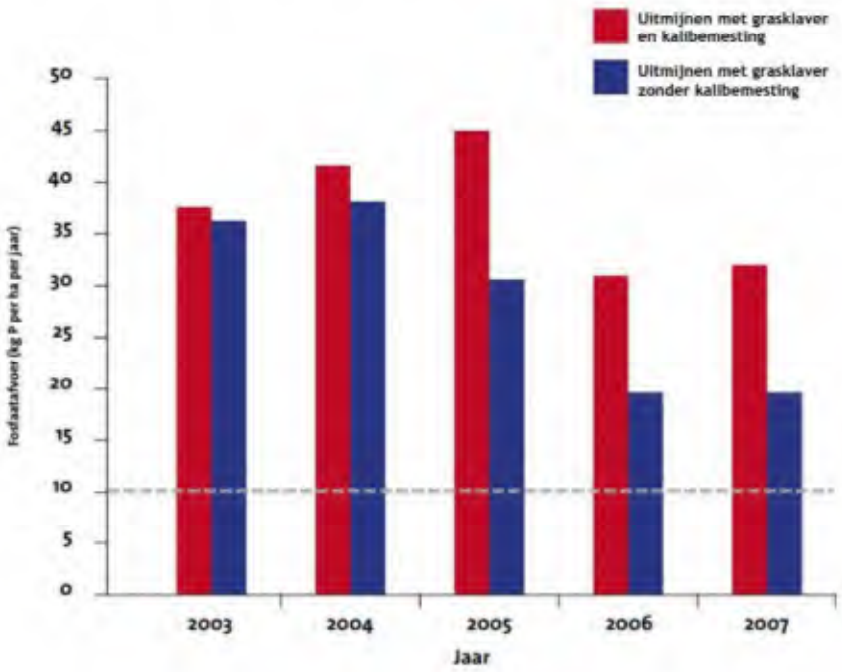
Intensief beheer met maaien en afvoeren

Intensief beheer in de vorm van maaien en afvoeren levert in veel gevallen voldoende resultaat op om de bestaande (gewenste) vegetaties in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse

organisch materiaal worden afgevoerd, waardoor ze uit het systeem worden onttrokken (Smolders e.a., 2006). Echter, bij landbouwgronden, die intensief zijn bemest, is deze vorm van beheer niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem snel te verlagen. Het kan vele jaren duren, bij sterk bemeste percelen vaak tot 200 jaar, voordat zoveel nutriënten zijn verwijderd dat er sprake is van een voedselarme bodem (Figuur 7.2, Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005).

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschraling door middel van een gewas waarvan de productie op peil wordt gehouden door middel van aanvullende bemesting opdat de afvoeren van het doelnutriënt (fosfor) maximaal is. Door middel van het zaaien van grasklaver in combinatie met kalibemesting en een maaibeheer kan fosfaat versneld (40 kg P/ha/jaar: 4x sneller als met maaien en afvoeren) aan de bodem worden onttrokken (Figuur 7.3; Timmermans & van Eekeren, 2012). Klaver houdt met haar stikstofbinding de productie gaande en kalibemesting wordt gebruikt om klaver optimaal te laten groeien. Ook met deze beheersmaatregel duurt het op voormalige landbouwgronden vaak tientallen jaren voordat het gewenste verschralingsniveau is bereikt (van Mullekom e.a., 2013). Het uitmijnen kan versneld worden door het verwijderen van de extreem voedselrijke toplaag.



Figuur 7.3. Fosfaatafvoer (in kg fosfor per ha per jaar) door uitmijnen met grasklaver (klaver voor het vastleggen van stikstof) en kalibemesting en met grasklaver zonder kalibemesting (start eind 2002). De fosfaatafvoer werd bereikt door het maken van vier tot vijf maaisneden per jaar. Na enkele jaren daalt de afvoer van fosfaat in het deel zonder aanvullende kalibemesting. Stikstof- en kalibronnen zijn nodig voor een hoge fosfaatafvoer. Op de lange termijn is de gemiddelde afvoer bij uitmijnen ongeveer 40 kg fosfor per ha per jaar. Dit komt overeen met circa 90 kg fosforpentoxide (P_2O_5) per ha per jaar. Met jaarlijks eenmalig maaien en afvoeren kan een fosfaatafvoer van ca. 10 kg P per ha per jaar worden bereikt (grijze stippellijn). Bron: Timmermans & van Eekeren (2012; 2016).

Ontgronden

Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (Smolders e.a., 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het fosfaatfront bepaald worden. Dit komt namelijk niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (Smolders e.a., 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem terecht komen. Door middel van ontgronding kan een snelle verschraling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom e.a., 2007; 2013). Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven echter sterk verstoord (zie o.a. Tsiafouli e.a., 2015; Bobbink e.a., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig (zie paragraaf 7.4), zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgronding van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden (zie paragraaf 7.5).

7.4 Aanvullende (beheer)maatregelen

Na het verwijderen van de P-verrijkte toplaag is het vaak nodig om nog een aantal jaren aanvullend verschralingbeheer te plegen door middel van maaien en afvoeren. Begrazen houdt het terrein wel open maar leidt nauwelijks of niet tot een verdere verschraling van het terrein. Nadat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd, is er vaak nog geen sprake van de gewenste vegetatieontwikkeling. Vooral de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over. Door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat nitraat werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (van Mullekom e.a., 2009; 2013). Wanneer plagsel wordt gebruikt voor herintroductie worden tevens mycorrhiza's (schimmels die planten helpen bij de opname van voedingsstoffen op voedselarme gronden) van de doelsoorten en andere essentiële bodem micro-organismen in het gebied geïntroduceerd (Bobbink e.a., 2016). Zonder introductie van doelsoorten is de kans op vestiging van deze soorten te verwaarlozen indien er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska e.a., 2007).

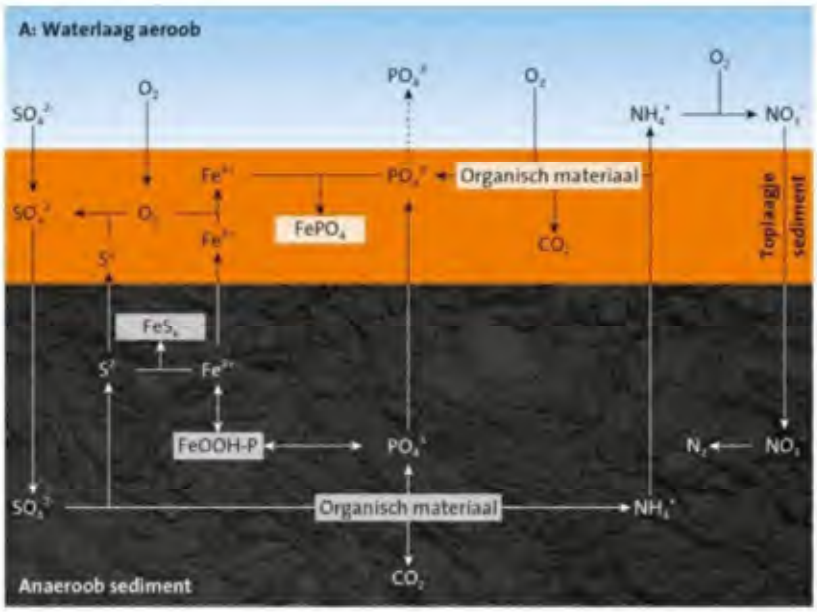
Uiteraard is het voor het realiseren van een gewenst natuurdoeltype niet alleen van belang dat de bodemchemie geschikt is maar tevens dat de hydrologie van het systeem op orde is. Met name in grondwaterafhankelijke systemen (bijv. nat schraalland en dotterbloemhooiland) zullen veelal aanvullende hydrologische maatregelen nodig zijn. Deze maatregelen moeten vaak in de omgeving genomen worden omdat grondwaterafhankelijke systemen vaak gevoed worden door grondwater dat inzijgt op aanzienlijke afstand. Een bijkomend voordeel van verschralen via ontgronden is dat door verlaging van het maaiveld de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld stijgen, waardoor waarschijnlijk minder ingrijpende hydrologische maatregelen in de omgeving noodzakelijk zijn.

60217 0006

7.5 Biogeochemische processen bij vernatting

Vernatting (inundatie) van (voormalige) landbouwpercelen kan potentieel leiden tot grote problemen voor de waterkwaliteit (van Diggelen e.a., 2016). Dit komt omdat er onder natte bodemomstandigheden diverse biogeochemische processen worden gestimuleerd die kunnen leiden tot een toename van de fosfaatbeschikbaarheid en mogelijk ammoniumophoping.

De mate waarin er in het oppervlaktewater op de percelen fosfaat en ammonium accumuleert hangt af van de hoeveelheden fosfor, ijzer en ammonium die worden vrijgemaakt in de bodems en van de zuurstofvoorziening van het water op maaiveld (Figuur 7.4). De uitwisseling van fosfaat van de bodem naar het water op maaiveld wordt afgeremd door de gelijktijdige diffusie van gereduceerd ijzer naar het oppervlaktewater. Op de geoxideerde overgang van bodem naar oppervlaktewater wordt het ijzer geoxideerd waarbij weer ijzer(III)(hydr)oxiden worden gevormd waaraan fosfaat goed kan binden. Daardoor is de nalevering van fosfor naar het oppervlaktewater vaak laag zolang er meer ijzer dan fosfor in oplossing is in het poriewater en de waterlaag zuurstofrijk is (Smolders e.a. 2001, Geurts e.a., 2010). Ammonium kan vrij naar de waterlaag diffunderen waar het wordt geoxideerd tot nitraat. Nitraat kan weer in de anaerobe bodem worden gedenitrificeerd tot stikstofgas.

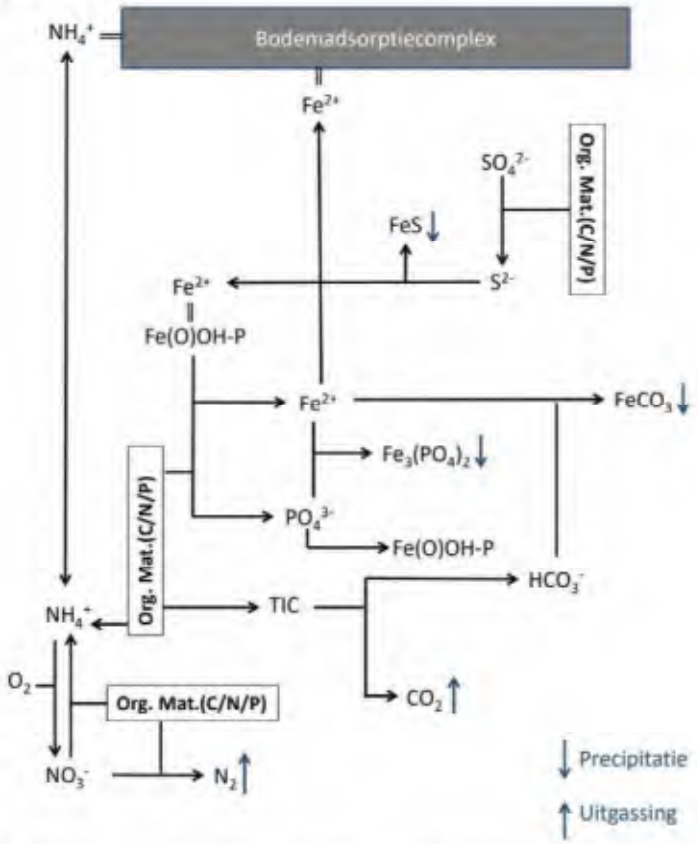


Figuur 7.4. Schematische weergave van de theoretische accumulatie van P en N in het water op maaiveld na vernatting, bij een zuurstofrijke waterlaag (Smolders e.a., 2019).

Wanneer er veel afbraak plaatsvindt en de zuurstofbeschikbaarheid daalt kan dit zorgen voor meer nalevering van nutriënten. De mate waarin onder anaerobe omstandigheden afbraak plaatsvindt hangt af van de beschikbaarheid van reactief organisch stof en de beschikbaarheid van alternatieve elektronenacceptoren. Omdat nitraat energetisch de meest gunstige elektronenacceptor is wordt eerst nitraat (NO_3^-) gebruikt en vervolgens driewaardig (geoxideerd) ijzer (Fe^{3+}) en sulfaat (SO_4^{2-}). Bij deze processen wordt achtereenvolgens stikstofgas (N_2), ijzer (Fe^{2+}) en sulfide (HS^-) gevormd. Omdat het om microbiële processen gaat, zijn deze ook temperatuur-afhankelijk.

Eerdere incubatie-experimenten met bodems van landbouwgronden hebben laten zien dat nitraat relatief snel verdwijnt uit het poriewater waarna ijzer(III)(hydr)oxiden worden gereduceerd (o.a. Lucassen e.a., 2015). Bij dit proces van ijzerreductie wordt driewaardig ijzer omgezet in tweewaardig ijzer (Fe^{2+}). Dit tweewaardige ijzer is veel beter oplosbaar dan het driewaardige ijzer waardoor de ijzerconcentraties in het poriewater stijgen. Na langdurige inundatie kan er ook sulfaat worden gereduceerd tot sulfide. Sulfide bindt aan tweewaardig ijzer waardoor de ijzerconcentraties in het poriewater weer kunnen afnemen.

Bij de anaerobe oxidatie van organisch materiaal komt ook koolstof, stikstof en fosfor vrij in de vorm van respectievelijk anorganische koolstof (kooldioxide en bicarbonaat) ammonium en fosfor. Er komt ook fosfor vrij door de reductie van ijzer(III)(hydr)oxiden. Fosfor bindt namelijk goed aan ijzer(III)(hydr)oxiden en wanneer deze worden gereduceerd tot tweewaardig ijzer komt er fosfaat vrij. In hoeverre er ammonium, tweewaardig ijzer en fosfaat ophoopt in het poriewater van de geïnundeerde onderwaterbodems hangt ook weer af van de mate waarin er (re-)adsorptie plaatsvindt van deze ionen in de bodem (Figuur 7.5). Wanneer de bodem erg rijk is aan ijzer(III)(hydr)oxiden kan adsorptie van fosfaat aan nog niet gereduceerde ijzer(III)(hydr)oxiden er bijvoorbeeld voor zorgen dat de toename van P in het poriewater beperkt blijft (Lucassen e.a., 2015).



Figuur 7.5. Schematisch overzicht van belangrijke biogeochemische processen die optreden in vernatte landbouwbodems (Bron: Lucassen e.a. 2015).

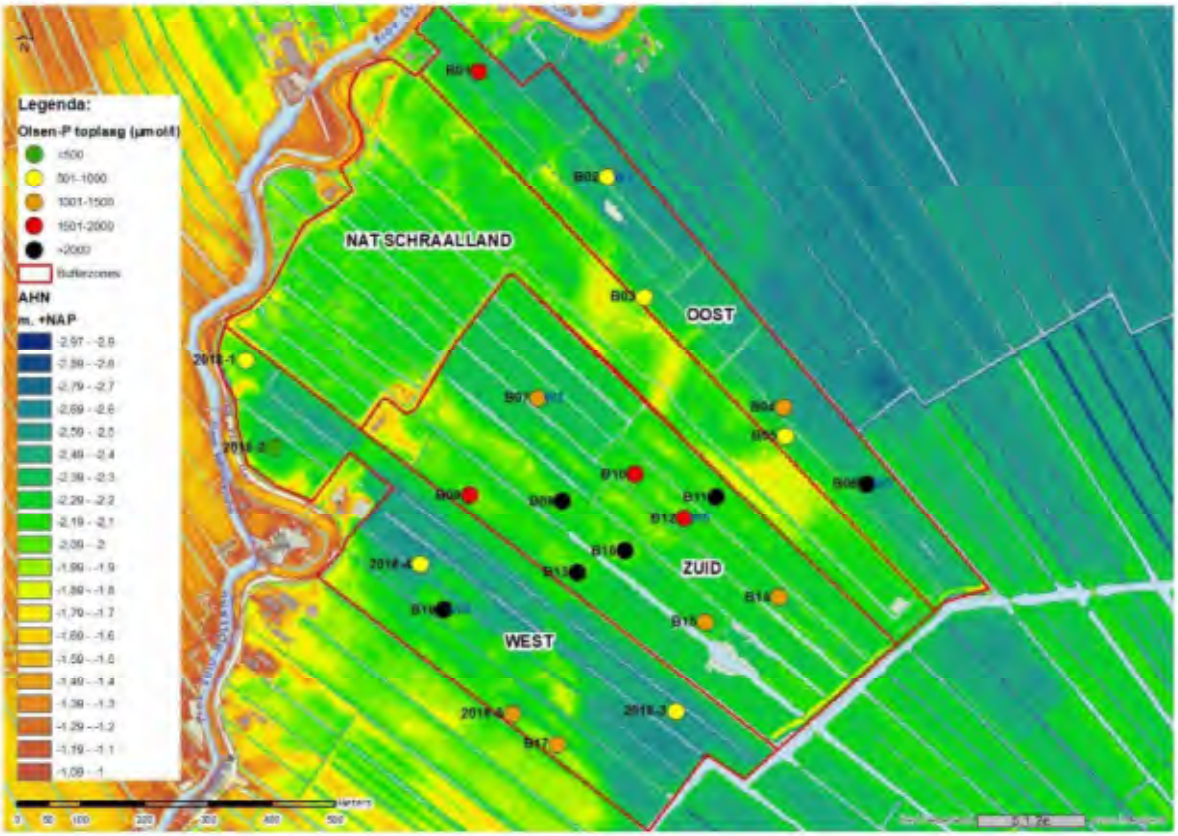
Zowel ammonium, ijzer als fosfor kunnen vanuit het poriewater in de waterlaag terecht komen (van Diggelen e.a., 2016). Wanneer de waterlaag zuurstofhoudend is zal het gereduceerde ijzer in de waterlaag worden geoxideerd tot ijzer(III)(hydr)oxiden. Deze zijn slecht oplosbaar waardoor ze neerslaan op de onderwaterbodems en binden bovendien fosfaat waardoor de fosfaatbeschikbaarheid in het oppervlaktewater beperkt kan blijven (Smolders e.a., 2012). Het is

dus van belang om in een geïnundeerde bodem niet alleen te kijken naar hoeveel fosfor er vrijkomt maar ook om te meten hoeveel gereduceerd ijzer er vrijkomt in het poriewater. Ook ammonium is belangrijk omdat de hoeveelheid ammonium die onder anaerobe omstandigheden kan vrijkomen in een landbouwbodem erg groot kan zijn (Lucassen e.a., 2015).

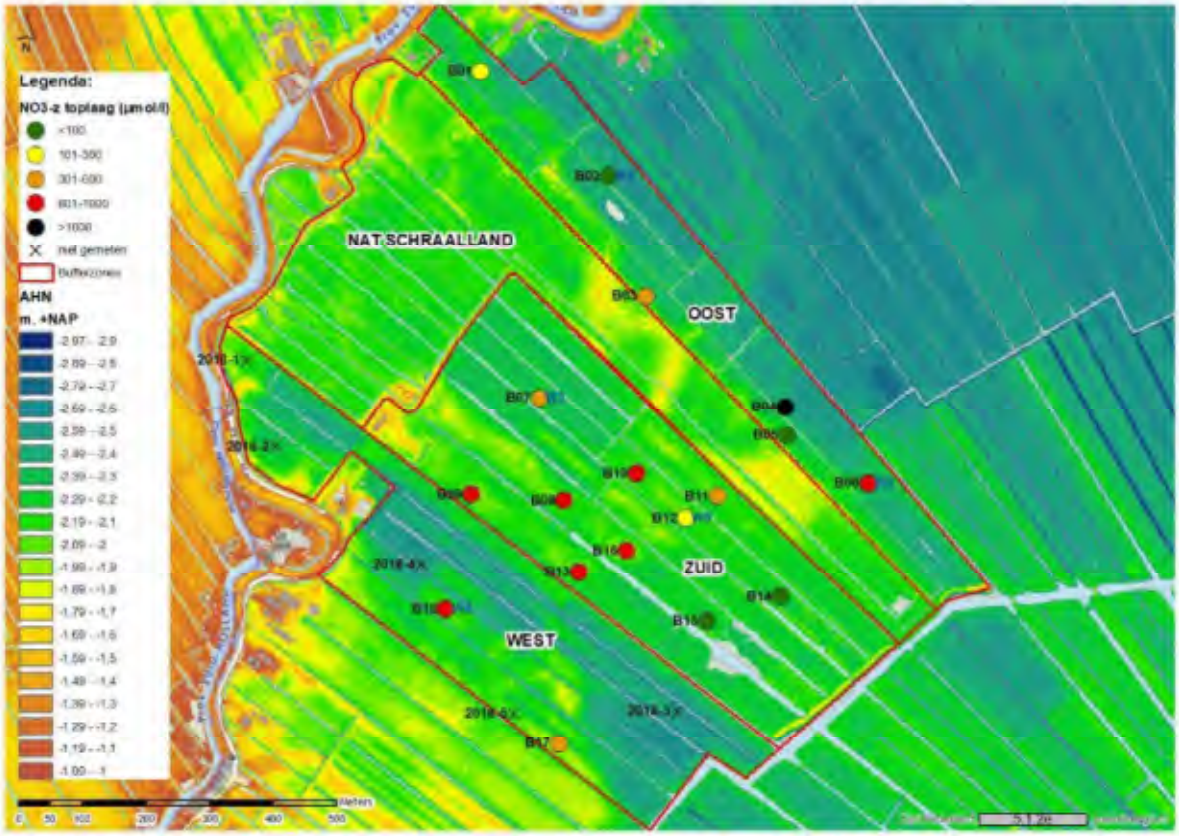
Het risico op P-mobilisatie en uitspoeling na vernatting kan worden bepaald door de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) van een bodem te meten (Smolders et al., 2019). Als in het deel van het bodemprofiel boven de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) de FVG hoger is dan 25% bestaat kans op uitspoelen van fosfaat en wordt de bodem als fosfaatverzadigd beoordeeld (Schoumans, 2004). Bij lagere waarden is dit risico minder groot. Uit eerder onderzoek (van Mullekom & Smolders, 2017) bleek dat de uitspoeling van fosfaat en nitraat het sterkst is voor akkers en duidelijk minder voor graslanden. Uit experimenteel onderzoek naar vernatting van landbouwbodems in Leegveld (Noord-Brabant) bleek de fosfaatnaleving aanzienlijk (> 1 mg $P/m^2/dag$) in bodems met een Olsen-P > 1000 µmol/kg droge bodem en een totaal-P > 5 mmol/liter verse bodem. Ook hier nam de P-mobilisatie en nalevering sterk toe bij een FVG > 25%. Voor veenbodems was de P-nalevering ook bij een lagere FVG (rond 10%) soms al hoog (van Mullekom et al., 2018).

Broeikasgasemissie na vernatten van veenweiden
Veenbodems zijn sterk organische bodems en bevatten daarmee grote hoeveelheden (reactief) organisch koolstof (Convention on Wetlands, 2021). Wanneer deze bodems droogvallen kan het organische materiaal door microbiële oxidatie (door verbruik van zuurstof) worden afgebroken. Hierbij komt het broeikasgas CO_2 vrij. Door vernatten van veenbodems wordt de afbraak van organisch materiaal tegengegaan en daarmee ook de CO2-emissie naar de atmosfeer. Vernatting leidt echter ook via CO2-reductie tot de vorming van methaan (CH_4), wat tevens een broeikasgas is en zelfs een sterker broeikaseffect heeft dan CO_2. Vernatting lijdt echter niet tot verhoogde concentraties in de atmosfeer (Günther et al., 2020). Vanwege de korte verblijftijd van methaan leidt deze CH4-emissie snel (binnen enkele tientallen jaren) tot een stabiele toestand van de CH_4-concentratie in de atmosfeer. Wanneer drooggelegde veenbodems niet worden vernat, leidt de voortdurende emissie van CO_2 uit deze veenbodems juist tot een almaar stijgende CO_2-concentratie. Op termijn zal vernatten van (droog liggende) veengebieden daarom leiden tot een verminderd effect op de opwarming van de astmosfeer ten opzichte van oxiderende veenbodems.

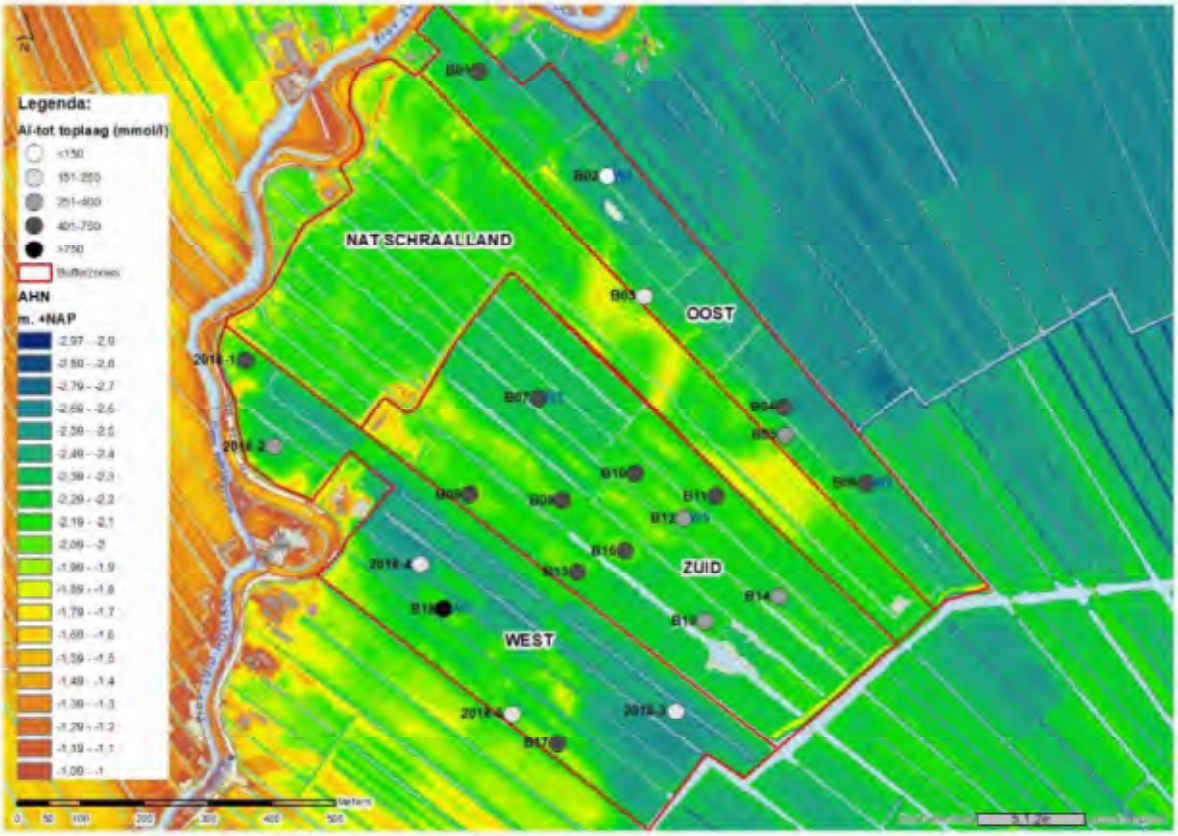
8. BIJLAGE: RUIMTELIJK OVERZICHT BODEMCHEMIE



Figuur 8.1. Overzicht met de ruimtelijke variatie in de Olsen-P (µmol/l bodem) concentratie van de toplaag van de bodem (0-10 cm-mv of 2018-monsters 0-20 cm-mv) op een hoogtekaart.



Figuur 8.2. Overzicht met de ruimtelijke variatie in de nitraatconcentratie (µmol/l bodem) van de toplaag van de bodem (0-10 cm-mv of 2018-monsters 0-20 cm-mv) op een hoogtekaart.



Figuur 8.3. Overzicht met de ruimtelijke variatie in de aluminiumconcentratie (mmol/l bodem) van de toplaag van de bodem (0-10 cm-mv of 2018-monsters 0-20 cm-mv) op een hoogtekaart.

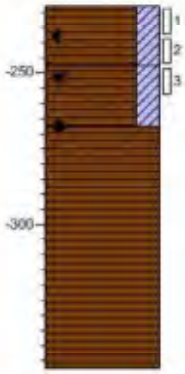
Tabel 8.1. Overzicht bodemchemie op referentielocaties in de omgeving van de bufferzone (Van Mullekom e.a., 2018) waarbij Grondsoort = bodemtype op basis van de profielbeschrijvingen; OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l), BV = indicatieve basenverzadiging, M3/M5 = berekende verschralingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 300 (gewenst voor nat schraalland) en 500 (bovengrens nat schraalland) µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l). De bemonsterde bodemdiepte was 0-15 cm-mv.

Nr	X	Y	Type	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3	M5
Polder Westveen																											
R1A	119125	464174	geplagde oever	veen, nat	76	80	0,20	184	4,0	0,05	43	81	32	1	13	83	35	28223	254	4772	5,0	99	3	16	53	8	9
R2A	119403	464309	geplagde oever	veen, nat	74	78	0,20	148	3,4	0,04	49	148	27	2	16	79	23	31886	244	4919	5,4	100	2	21	74	7	8
R3A	119350	464362	geplagde oever	veen, vochtig	84	82	0,15	101	2,5	0,04	37	114	13	2	12	69	21	26243	331	4157	5,4	100	4	29	79	6	7
R4	119442	464164	pas gemaaid nat schraall.	veen, nat	79	86	0,12	131	5,3	0,02	30	39	20	2	9	20	16	15953	114	3278	5,3	98	3	12	169	14	16
R5	119428	464125	pas gemaaid nat schraall.	veen, nat	31	69	0,34	479	10,0	0,05	94	70	54	5	30	23	28	24124	82	4739	5,5	99	2	72	134	17	21
Polder de Haak																											
R6	117560	462657	nat schraalland, zeer droog	veen, vochtig	87	86	0,12	109	2,5	0,04	12	24	8	1	6	15	20	13062	178	4759	4,8	99	3	77	171	23	28
R7	117577	462648	nat schraalland, zeer droog	veen, vochtig	81	81	0,19	124	4,8	0,03	61	65	17	2	14	41	39	29971	52	5804	4,9	99	1	73	172	8	9
R8	117719	462700	nat schraalland, zeer droog	veen, vochtig	64	75	0,22	399	10,2	0,04	93	35	39	3	9	32	310	16001	66	1941	4,1	96	2	1100	169	12	14
Boventanden																											
R9	119738	463764	nat schraalland	veen, vochtig	69	73	0,28	158	6,6	0,02	126	211	70	7	27	82	33	41366	87	4718	5,6	100	1	388	65	5	6
R10	119674	463754	nat schraalland	veen, vochtig	84	81	0,16	41	1,2	0,03	25	113	21	1	10	67	39	28291	127	3502	4,9	100	1	19	44	3	4
Polder de Haak (juli 2015)																											
35	117750	462302	veenmosrietland	veen	84	87	0,12	415	3,4	0,12	46	24	16	3	7	31	205	13237	114	2115	3,9	96	1	60	595	2	1
36	117785	462484	blauw grasland	veen	96	96	0,04	230	0,7	0,35	1	7	1	1	2	9	19	5420	349	2181	4,7	97	12	5	400	7	8
M6	117495	462586	veenmosrietland	veen	100	93	0,04	55	0,2	0,22	0	1	0	0	0	2	13	2187	474	1573	3,4	97	14	77	194	6	7
M7	117518	462513	veenmosrietland	veen	100	92	0,05	51	0,3	0,18	0	1	0	0	1	2	38	1411	309	1356	3,3	96	1	6	29	5	6
Schraallanden langs de Meije (juli 2014)																											
C1			nat schraalland	kleig veen	56	70	0,34	593	9,6	0,06	253	29	95	13	27	868	523	17620	27	2257	4,4	68	1	19	94	22	27
C2			nat schraalland	kleig veen	52	66	0,38	366	10,4	0,04	398	36	116	25	46	643	652	15245	32	2364	4,4	59	1	7	107	9	11
C3			nat schraalland	kleig veen	46	64	0,38	510	9,3	0,05	355	33	100	21	41	559	926	12742	28	1697	4,3	55	1	9	100	18	1
C4			nat schraalland	kleig veen	52	65	0,39	393	10,4	0,04	322	62	111	16	38	641	416	17572	79	2261	4,3	76	0	1	81	12	14
C5			nat schraalland	kleig veen	62	67	0,37	286	9,0	0,03	317	57	133	17	36	548	288	23457	21	2605	4,4	74	1	7	119	7	8
C6			nat schraalland	kleig veen	51	67	0,36	387	9,4	0,04	285	43	105	14	32	627	454	15588	18	1510	4,4	65	1	2	132	10	12
I1			nat schraalland	kleig veen	63	69	0,33	130	6,7	0,02	296	78	113	26	41	619	89	27119	41	3848	4,8	96	1	3	89	4	5
I2			nat schraalland	kleig veen	43	62	0,43	376	12,0	0,03	401	65	138	20	46	726	676	18136	28	1903	4,6	56	1	2	74	11	13
I3			nat schraalland	kleig veen	43	63	0,42	453	13,0	0,03	497	58	153	29	59	901	946	15443	32	1844	4,3	61	1	5	123	21	25
I4			nat schraalland	kleig veen	47	65	0,39	351	9,8	0,04	386	47	112	21	47	701	260	29264	37	3414	4,5	86	1	3	104	7	8
I5			nat schraalland	kleig veen	46	64	0,41	450	11,2	0,04	450	47	136	27	56	867	290	19757	71	3364	4,5	93	1	3	104	16	19
I6			nat schraalland	kleig veen	49	66	0,37	750	10,7	0,07	294	27	87	15	33	690	469	17056	13	2839	4,4	77	1	10	69	30	37
Schraallanden langs de Meije (juli 2014)																											
Gemiddelde			**nat schraalland**	**kleig veen**	**51**	**66**	**0**	**420**	**10**	**0**	**354**	**48**	**117**	**20**	**42**	**699**	**499**	**17999**	**35**	**2492**	**4**	**72**	**1**	**6**	**99**	**13**	**2**
Minimum			nat schraalland	kleig veen	43	62	0	130	7	0	253	27	87	13	27	548	89	12742	13	1510	4	55	0	1	60	0	0
Maximum			nat schraalland	kleig veen	63	70	0	750	13	0	497	78	153	29	59	901	946	27119	79	3848	5	96	1	19	132	30	37

9. BIJLAGE: BOORPROFIELEN AANVULLEND ONDERZOEK SEPT '22

Boring: 101

X: 116396.18
Y: 460581.21
Datum: 28-9-2022
Boormeester: S.T.Zk
N.A.P. : -2.278
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 25
GHG: 10
GLG: 40



0 gras

(20) AP-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, resten wortels, K-waarde: 0.1 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, hout, bosveen, sterk veraard, bouwvoor

20

(20) A-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, zwak houtige plantenresten houdend, K-waarde: 0.05 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, hout, bosveen, sterk veraard, veraard veen

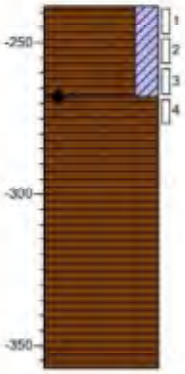
40

(80) A-HORIZONT
Veen, matig houtige plantenresten houdend, resten riet, K-waarde: 0.5 (redelijk), lichtbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, hout, bosveen, fijn pseudo-vezelig, veraard veen

120

Boring: 102

X: 116115.05
Y: 460888.73
Datum: 28-9-2022
Boormeester: S.T.Zk
N.A.P. : -2.379
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 0
GHG: 0
GLG: 30



0 gras

(30) AP-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, sporen roest, resten wortels, K-waarde: 0.05 (matig), donker zwartbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, hout, bosveen, bouwvoor

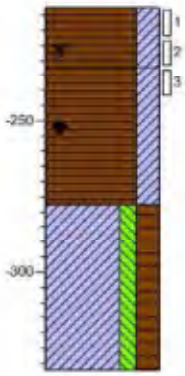
30

(90) A-HORIZONT
Veen, matig houtige plantenresten houdend, K-waarde: 1 (goed), lichtbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, hout, bosveen, grof pseudo-vezelig, veraard veen

120

Boring: 103

X: 115897.26
Y: 461115.67
Datum: 28-9-2022
Boormeester: S.T.Zk
N.A.P. : -2.124
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 15
GHG: 0
GLG: 40



0 gras

(20) AP-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, matig roesthoudend, K-waarde: 0.1 (slecht), lichtbruin, Edelmanboor, scherp, heterogeen, roestvlekken, hout, bosveen, sterk veraard, bouwvoor

20

(45) A-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, sporen roest, matig kleihoudend, K-waarde: 0.5 (goed), neutraalbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, hout, bosveen, matig veraard, veraard veen

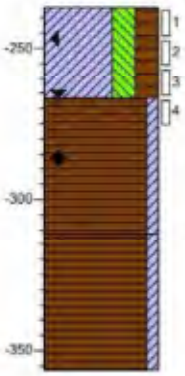
65

(55) C-HORIZONT
Klei, matig siltig, sterk humeus, matig houtige plantenresten houdend, K-waarde: 0.2 (slecht), neutraalgrijs, Edelmanboor, venig klei, geleidelijk, homogeen, hout, moedermateriaal

120

Boring: 104

X: 115727.99
Y: 461273.86
Datum: 26-9-2022
Boormeester: S.T.Zk
N.A.P. : -2.365
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 30
GHG: 10
GLG: 50



0 gras

(30) AP-HORIZONT
Klei, sterk siltig, sterk humeus, resten veen, zwak roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 1 (slecht), donker roestbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, hout, bosveen, sterk veraard, bouwvoor

30

(45) A-HORIZONT
Veen, zwak kleiig, matig houtige plantenresten houdend, K-waarde: 0.1 (slecht), neutraalbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, hout, bosveen, matig veraard, veraard veen

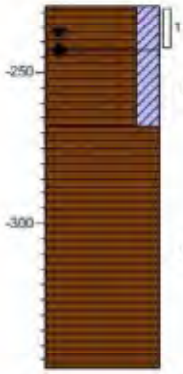
75

(45) A-HORIZONT
Veen, zwak kleiig, resten riet, zwak houtige plantenresten houdend, K-waarde: 0.3 (matig), neutraalbruin, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, rietveen, fijn pseudo-vezelig, veraard veen

120

Boring: 105

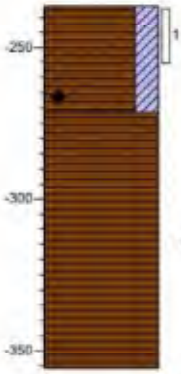
X: 115805.42
Y: 460919.23
Datum: 26-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : -2.281
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 10
GHG: 0
GLG: 15



0 gras
(15) AP-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, sporen roest, resten veen, K-waarde: 0.01 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bosveen, sterk veraard, bouwvoor
15
(25) A-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, sporen hout, K-waarde: 0.05 (slecht), lichtbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, hout, bosveen, matig veraard, veraard veen
40
(80) A-HORIZONT
Veen, resten hout, K-waarde: 0.1 (matig), neutraalbruin, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, hout, bosveen, fijn pseudo-vezelig, veraard veen
120

Boring: 106

X: 115766.28
Y: 460803.84
Datum: 26-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : -2.363
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 0
GHG: 0
GLG: 30



0 gras
(35) A-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, resten wortels, resten veen, K-waarde: 0.05 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, afgetopt kleiig veen, geleidelijk, homogeen, hout, bosveen, sterk veraard, bodem
35
(85) A-HORIZONT
Veen, resten hout, K-waarde: 0.5 (matig), neutraalbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, hout, bosveen, fijn pseudo-vezelig, veraard veen
120

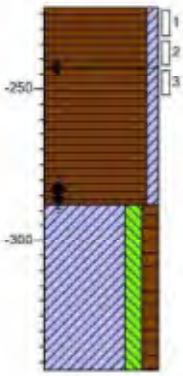
Boring: 107

X: 115944.42
Y: 460790.75
Datum: 26-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : -2.327
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 0
GHG: 0
GLG: 35

0 gras
(25) A-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, resten veen, resten wortels, K-waarde: 0.01 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, hout, bosveen, sterk veraard, veraard veen
25
(95) A-HORIZONT
Veen, sporen hout, K-waarde: 0.05 (slecht), neutraalbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bosveen, fijn pseudo-vezelig, veraard veen
120

Boring: 108

X: 116037.62
Y: 460761.39
Datum: 26-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : -2.229
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 65
GHG: 20
GLG: 60



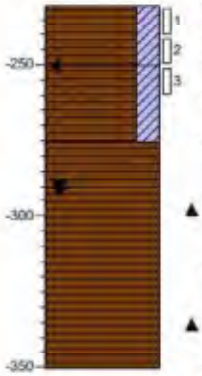
0 gras
(20) AP-HORIZONT
Veen, zwak kleiig, resten wortels, resten veen, K-waarde: 0.1 (matig), donker roestbruin, Edelmanboor, ijzerrijk, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, mosveen, sterk veraard, bouwvoor
20
(45) A-HORIZONT
Veen, zwak kleiig, K-waarde: 0.05 (matig), donkerbruin, Edelmanboor, sterk vergaand veen, geleidelijk, homogeen, mosveen, matig veraard, veraard veen
65
(55) C-HORIZONT
Klei, matig siltig, matig humeus, insluitingen veen, K-waarde: 0.1 (matig), licht bruingrijs, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal
120

Projectcode: PR-22.118

Projectnaam: Aanvullend bodemchemisch onderzoek De Meije

Boring: 109

X: 116237.69
Y: 460551.77
Datum: 26-9-2022
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : -2.305
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 60
GHG: 20
GLG: 60



0 gras

(20) AP-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, resten veen, zwak roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 0.1 (matig), donker roestbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, hout, bosveen, sterk veraard, bouwvoor

20 (25) 45

A-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, brokken veen, sporen roest, K-waarde: 0.1 (matig), donker zwartbruin, Edelmanboor, doorgewerkt, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, hout, bosveen, sterk veraard, omgewerkte grond

(45) 90

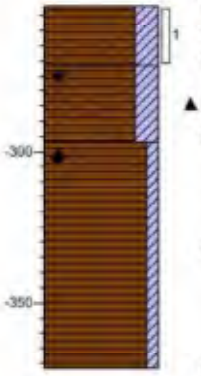
A-HORIZONT
Veen, resten hout, K-waarde: 0.5 (redelijk), neutraalbruin, Edelmanboor, houtig veen, geleidelijk, homogeen, hout, bosveen, grof pseudo-vezelig, veraard veen

(30) 120

A-HORIZONT
Veen, resten hout, K-waarde: 1 (goed), neutraalbruin, Edelmanboor, zeer slap, geleidelijk, homogeen, hout, bosveen, grof pseudo-vezelig, veraard veen

Boring: 110

X: 115481.45
Y: 460796.48
Datum: 26-9-2022
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : -2.519
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 25
GHG: 0
GLG: 50



0 gras

(20) AP-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, resten veen, zwak roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 0.1 (slecht), donker roestbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bosveen, sterk veraard, bouwvoor

20 (25) 45

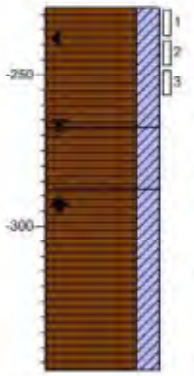
A-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, resten hout, sporen roest, K-waarde: 0.05 (matig), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, hout, bosveen, matig veraard, veraard veen

(75) 120

A-HORIZONT
Veen, zwak kleiig, zwak houtige plantenresten houdend, resten riet, K-waarde: 0.1 (matig), neutraalbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bosveen, fijn pseudo-vezelig, veraard veen

Boring: 111

X: 115723.19
Y: 460427.07
Datum: 28-9-2022
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : -2.276
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 40
GHG: 10
GLG: 65



0 gras

(40) AP-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, resten wortels, matig roesthoudend, K-waarde: 0.05 (slecht), donker roestbruin, Edelmanboor, deels opgebracht, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, hout, sterk veraard, bouwvoor

40 (20) 60

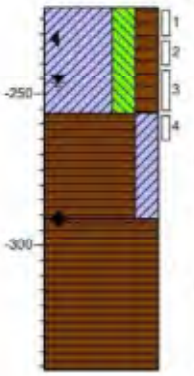
A-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, sporen roest, K-waarde: 0.1 (slecht), donker bruinroest, Edelmanboor, begraven bodem, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bosveen, sterk veraard, bodem

(60) 120

A-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, sterk niet-houtige plantenresten houdend, K-waarde: 0.5 (redelijk), licht bruingrijs, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, hout, bosveen, fijn pseudo-vezelig, bodem

Boring: 112

X: 115596.86
Y: 460481.07
Datum: 28-9-2022
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : -2.213
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 25
GHG: 10
GLG: 70



0 gras

(35) AP-HORIZONT
Klei, sterk siltig, sterk humeus, resten wortels, matig roesthoudend, resten plantenresten houtig, K-waarde: 0.05 (slecht), donker roestbruin, Edelmanboor, ijzerrijk, dik pakket, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, bouwvoor

35 (35) 70

A-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, zwak houtige plantenresten houdend, sporen roest, K-waarde: 0.05 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geoxideerd, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, hout, bosveen, sterk veraard, bodem

(50) 120

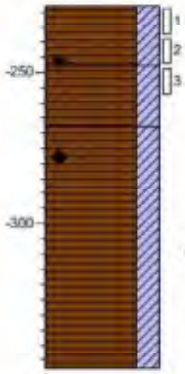
A-HORIZONT
Veen, matig niet-houtige plantenresten houdend, K-waarde: 0.1 (redelijk), lichtbruin, Edelmanboor, weinig hout, geleidelijk, homogeen, hout, bosveen, fijn pseudo-vezelig, veraard veen

Projectcode: PR-22.118

Projectnaam: Aanvullend bodemchemisch onderzoek De Meije

Boring: 113

X: 115834.30
Y: 460333.53
Datum: 28-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : -2.281
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 20
GHG: 0
GLG: 50



0 gras

(20) AP-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, resten roest, sterk wortelhoudend, K-waarde: 0.1 (slecht), lichtbruin, Edelmanboor, opgebracht, scherp, heterogeen, roestvlekken, hout, bosveen, sterk veraard, bouwvoor

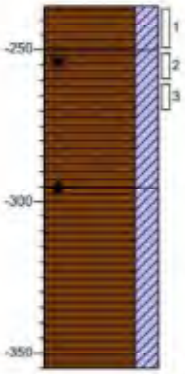
20 (20) A-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, resten roest, K-waarde: 0.1 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, begraven bodem, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, hout, bosveen, sterk veraard, veraard veen

40 (80) A-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, matig houthoudend, K-waarde: 0.5 (goed), neutraal grijsbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, hout, bosveen, grof pseudo-vezelig, veraard veen

120

Boring: B06

X: 116364.43
Y: 460692.01
Datum: 28-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : -2.354
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 20
GHG: 0
GLG: 60



0 gras

(15) AP-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, zwak roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 0.5 (redelijk), donker roestbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, hout, bosveen, sterk veraard, bouwvoor

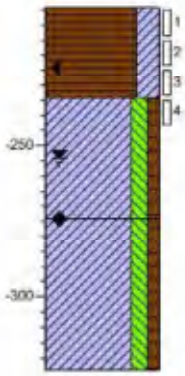
15 (45) A-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, resten plantenresten houtig, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.05, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, bosveen, sterk veraard, veraard veen

60 (60) A-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, K-waarde: 0.05 (slecht), lichtbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, mosveen, fijn pseudo-vezelig, veraard veen

120

Boring: B17

X: 115874.86
Y: 460274.26
Datum: 28-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : -2.042
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 50
GHG: 20
GLG: 70



0 gras

(30) AP-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, resten wortels, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.05 (slecht), donker roestbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bosveen, sterk veraard, bouwvoor

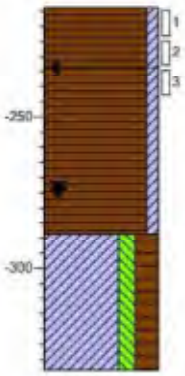
30 (40) BC-HORIZONT
Klei, matig siltig, zwak humeus, zwak roesthoudend, resten plantenresten houtig, K-waarde: 0.05 (slecht), donker grijsbeige, Edelmanboor, geoxideerd klei, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, inspoelingshorizont

70 (50) C-HORIZONT
Klei, matig siltig, zwak humeus, zwak houtige plantenresten houdend, K-waarde: 0.5 (redelijk), lichtgrijs, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal

120

Boring: B11

X: 116127.90
Y: 460663.13
Datum: 26-9-2022
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : -2.137
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 60
GHG: 20
GLG: 60



0 gras

(20) AP-HORIZONT
Veen, zwak kleiig, resten veen, resten wortels, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.1 (matig), donker roestbruin, Edelmanboor, ijzerrijk, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, mosveen, sterk veraard, bouwvoor

20 (55) A-HORIZONT
Veen, zwak kleiig, K-waarde: 0.1 (matig), neutraalbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, mosveen, matig veraard, veraard veen

75 (45) C-HORIZONT
Klei, matig siltig, sterk humeus, insluitingen veen, K-waarde: 0.05 (matig), licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal

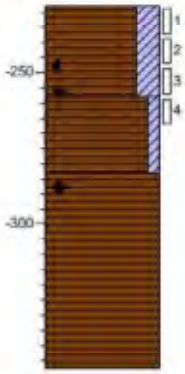
120

Projectcode: PR-22.118

Projectnaam: Aanvullend bodemchemisch onderzoek De Meije

Boring: B09

X: 116013.15
Y: 460980.12
Datum: 28-9-2022
Boormeester: S.T.2e
N.A.P.: -2.279
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 30
GHG: 20
GLG: 60



0 gras

(30) AP-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, K-waarde: 0.1, donkerbruin, Edelmanboor, opgebracht?, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bosveen, sterk veraard, bouwvoor

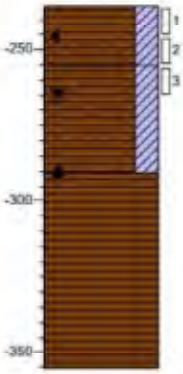
30 (25) AP-HORIZONT
Veen, zwak kleiig, resten wortels, K-waarde: 0.05 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, begraven oude bodem, geleidelijk, heterogeen, hout, bosveen, sterk veraard, bodem

55 (65) A-HORIZONT
Veen, zwak houtige plantenresten houdend, K-waarde: 0.5 (slecht), lichtbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, hout, bosveen, fijn pseudo-vezelig, veraard veen

120

Boring: B05

X: 116230.39
Y: 460760.23
Datum: 28-9-2022
Boormeester: S.T.2e
N.A.P.: -2.355
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 30
GHG: 10
GLG: 55



0 gras

(20) AP-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, resten wortels, K-waarde: 0.1 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, hout, bosveen, sterk veraard, bouwvoor

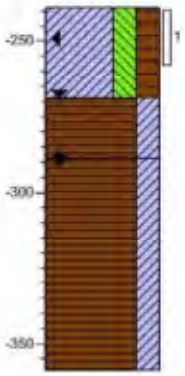
20 (35) A-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, resten plantenresten houtig, K-waarde: 0.05 (redelijk), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, hout, bosveen, matig veraard, veraard veen

55 (65) A-HORIZONT
Veen, matig houtige plantenresten houdend, K-waarde: 0.5 (redelijk), lichtbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, hout, bosveen, grof pseudo-vezelig, veraard veen

120

Boring: 2018-2

X: 115430.41
Y: 460741.35
Datum: 26-9-2022
Boormeester: S.T.2e
N.A.P.: -2.389
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 30
GHG: 10
GLG: 50



0 gras

(30) AP-HORIZONT
Klei, sterk siltig, sterk humeus, resten veen, zwak roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 0.1 (matig), donker roestbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, hout, bosveen, sterk veraard, bouwvoor

30 (20) A-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, sporen roest, resten plantenresten houtig, K-waarde: 0.01 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, hout, bosveen, matig veraard, veraard veen

50 (70) A-HORIZONT
Veen, sterk kleiig, zwak houtige plantenresten houdend, lensjes klei, K-waarde: 0.1 (slecht), licht grijsbruin, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, hout, bosveen, fijn pseudo-vezelig, veraard veen

120

Boring: vp stuw

X: 115650.91
Y: 460715.81
Datum: 26-9-2022
Boormeester: S.T.2e
N.A.P.: -2.328
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

Opmerking: waterspiegel bij stuw

0 gras

Projectcode: PR-22.118

Projectnaam: Aanvullend bodemchemisch onderzoek De Meije

ATKB

Legenda (conform NEN 5104)

grind

Grind, siltig

Grind, zwak zandig

Grind, matig zandig

Grind, sterk zandig

Grind, uiterst zandig

zand

Zand, kleïig

Zand, zwak siltig

Zand, matig siltig

Zand, sterk siltig

Zand, uiterst siltig

veen

Veen, mineraalarm

Veen, zwak kleïig

Veen, sterk kleïig

Veen, zwak zandig

Veen, sterk zandig

klei

Klei, zwak siltig

Klei, matig siltig

Klei, sterk siltig

Klei, uiterst siltig

Klei, zwak zandig

Klei, matig zandig

Klei, sterk zandig

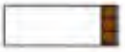
leem

Leem, zwak zandig

Leem, sterk zandig

overige toevoegingen

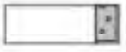
zwak humeus


matig humeus

sterk humeus

zwak grindig

matig grindig


sterk grindig

geur

- geen geur
- zwakke geur
- matige geur
- sterke geur
- uiterste geur

olie

- geen olie-water reactie
- zwakke olie-water reactie
- matige olie-water reactie
- sterke olie-water reactie
- uiterste olie-water reactie

p.i.d.-waarde

- >0
- >1
- >10
- >100
- >1000
- >10000

monsters

geroerd monster

ongeroerd monster

volumering

overig

- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand

slib

water

peilbuis

Projectcode: PR-22.118

Projectnaam: Aanvullend bodemchemisch onderzoek De Meije

B-WARE
www.b-ware.eu
60217
0006

De waardplanten van de bosparelmoervlinder (*Melitaea athalia*) in Nederland

MSc Stage Rapport

5.1.2e

Wageningen University and Research (WUR)

Reg. No: 5.1.2e

Student ID: 5.1.2e

Stage begeleider: 5.1.2e

Stage organisatie: Bosgroep Midden Nederland

WUR begeleider: 5.1.2e

Leerstoelgroep: Plant Ecology and Nature Conservation (PEN)

Augustus 2021

Inhoudsopgave

Samenvatting 1

1. Inleiding 2

2. De bosparelmoervlinder 3

2.1. Taxonomie & kenmerken 3

2.2. Levenswijze 5

2.3. Habitat & verspreiding 5

2.4. Waardplanten 6

2.4.1. Hengel 6

2.4.2. Smalle weegbree 7

2.4.3. Gewone ereprijs 7

2.4.4. Vingerhoedskruid 7

3. Methode 7

3.1. Locaties 7

3.1.1. Nationaal Park de Hoge Veluwe 7

3.1.2. Vliegbasis Deelen 9

3.1.3. Kroondomein Het Loo 9

3.1.4. Hendrik Mouwenveld, Noorderheide & Greveld 9

3.1.5. Nationaal Park Veluwezoom 9

3.2. Methode rupsen 9

3.2.1. Locaties & waardplanten 9

3.2.2. Rups inventarisatie 10

3.3. Methode vlinders 10

3.3.2. Vlinder inventarisatie 11

3.3.3. Vegetatie-opname 11

3.3.4. Bodem- en nutriënten analyse 11

3.3.5. Nectarbronnen van de vlinder 11

3.4. Data analyse 12

4. Resultaten 12

4.1. Rupsen 12

4.1.1. Bosparelmoerrups waarnemingen 12

4.1.2. Waardplanten van de bosparelmoerrups 14

4.1.3. De relatie tussen vegetatie, bodemcondities en rupswaarnemingen 18

4.1.4. Weersomstandigheden in het voorjaar van 2021 20

4.2. Vlinders 23

4.2.2. Gedrag van de bosparelmoervlinder 25

4.3. Vegetatie-associaties 28

4.4. Bodemcondities per plot 29
4.5. Vegetaties en bodemcondities Veluwe vergeleken met Veluwezoom 33
5. Discussie 36
5.1. Bosparelmoerrupsen in het voorjaar 36
5.2. De relatie van trenddata en weersvariabelen 37
5.3. De relatie tussen rupswaarnemingen en weersvariabelen 37
5.4. Hengel en andere waardplanten in het voorjaar 37
5.5. Vlinderwaarnemingen en gedrag 38
5.6. Nectar- en waardplanten van de imago's 39
5.7. Vegetatie van de Veluwe en de Veluwezoom 40
5.8. Bodemcondities van de Veluwe en de Veluwezoom 41
5.9. Belangrijke verschillen met 2020 41
6. Conclusies & aanbevelingen 42
Dankwoord 43
Referenties 44
Bijlage A – Waardplanten bosparelmoervlinder 48
Bijlage B – Verspreiding waardplanten & plot locaties a (1:5000) 49
Bijlage C – Plot locaties b & Veluwezoom (1:5000) 52
Bijlage D – Gemiddelde vegetatiewaardes 2020 en 2021 54
Bijlage E – Vegetatie en vlinderwaarnemingen 55
Bijlage F – Rijksdriehoek coördinaten plots 56

Samenvatting

Het is niet goed gesteld met de biodiversiteit in Nederland. Intensivering van landbouw, de snelle groei van stedelijk gebied en klimaatverandering leiden tot een sterke afname van natuurgebied en biodiversiteit. Met name bij de insecten is in de afgelopen jaren een zeer sterke afname in de aantallen. Een voorbeeld hiervan is de bosparelmoervlinder, die in de afgelopen jaren is teruggedrongen naar enkele populaties op de Veluwe. Als een zeldzame en ernstig bedreigde is de bosparelmoervlinder in Nederland een relatief slecht onderzochte soort en zijn de oorzaken voor deze afname grotendeels onbekend. Na een groter onderzoek in 2020 naar de (a)biotische factoren in relatie tot de aanwezigheid van de bosparelmoervlinder, zijn in dit onderzoek meer locaties bezocht. Er is gekeken naar het voorkomen van de rupsen in het voorjaar en mogelijk asynchroniteit met de waardplant. Hierbij is ook gekeken naar mogelijke andere waardplanten waarvan de rups en vlinder gebruik kunnen maken. De verwachting is dat er sprake zou kunnen zijn van asynchroniteit tussen het opkomen van hengel en de rupsen die uit de diapauze komen. Verder was verwacht dat vingerhoedskruid, smalle weegbree en gewone ereprijs ook als waardplant zouden kunnen dienen voor de post-diapauze rupsen. Er waren geen grote verschillen verwacht in vegetatie-associaties en bodemcondities tussen de locaties van 2020 en de nieuwe locaties van dit onderzoek.

Voor het eerst zijn in Nederland grote aantallen bosparelmoerrupsen in het voorjaar waargenomen. Dit werd opgevolgd door relatief veel vlinderwaarnemingen in de zomer in vergelijking met het jaar ervoor. Er lijkt in 2021 geen sprake te zijn geweest van asynchroniteit tussen het opkomen van hengel en de post-diapauze rups. In combinatie met trenddata van eerdere jaren is het goed mogelijk dat in 2020 en eerdere jaren wel sprake was van asynchroniteit door warme en zonnige periodes eind maart of begin april. Van de potentieel andere waardplanten is alleen vingerhoedskruid mogelijk geschikt voor de rupsen van de bosparelmoervlinder, maar voldoende waarnemingen daarvan ontbreken nog. Het gedrag van de vlinders is vergelijkbaar met onderzoek van 2020 en er is ook opnieuw een grote variatie gevonden in plantensoorten die kunnen dienen als nectarbron. Van deze soorten hebben de gele composieten waarschijnlijk de voorkeur, maar kunnen andere soortgroepen ook als goede nectarbron dienen. Vegetatie-associaties zijn minder belangrijk gevonden dan bij het onderzoek van 2020, zolang voldoende hengel en bosbes aanwezig is. Een grote hoeveelheid hengel lijkt een goede indicatie te zijn voor de locaties waar rupsen en vlinders worden aangetroffen. De bodemcondities, bestaande uit de concentraties van nutriënten en kationen, lijken niet van invloed te zijn op het voorkomen van de bosparelmoervlinder.

Verder is naar voren gekomen dat de rol van corridors op de verspreiding van de bosparelmoervlinder van groot belang kan zijn en dat vervolgonderzoek wordt aanbevolen dat hier dieper op in gaat. Verder zou ook de rol van de schimmel Gemene Oranje Roest beter onderzocht moeten worden op mogelijk negatieve effecten op de overleving van hengelplanten.

1. Inleiding

Het gaat niet goed met de biodiversiteit in Nederland. Intensivering van landbouw, snelle groei van stedelijk gebied en klimaatverandering heeft de afgelopen decennia geleid tot een sterke afname van natuurgebied en biodiversiteit (Biesmeijer et al., 2006; Potts et al., 2010). Intensieve bemesting heeft geresulteerd in een meer homogeen landschap met relatief lage biodiversiteit. Dit is een trend die niet alleen in Nederland wordt waargenomen. Het rapport van IPBES (Díaz et al., 2019) geeft een uitgebreid maar een verontrustend beeld over de staat van de ecosystemen en biodiversiteit over de hele wereld. Een sterke afname in diversiteit is te zien en de snelheid waarmee diversiteit afneemt kan wel tot honderd keer hoger liggen dan dat we de afgelopen miljoenen jaren gemeten hebben. Gelukkig is er een groeiend bewustzijn onder de wereldbevolking van het belang van een hoge biodiversiteit en de voordelen die het met zich meebrengt (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2020). Echter is er nog een lange weg te gaan.

Om een verdere achteruitgang tegen te gaan is het van belang om te weten wat de oorzaak hiervan is. Klimaatverandering wordt vaak als belangrijkste reden gezien, maar dat is ook vaak maar een overkoepelende term voor vele veranderingen in weersvariabelen als het gevolg van een stijging in broeikasgassen. De gevolgen van klimaatverandering kunnen per diersoort sterk verschillen en ook sterke antropogene factoren spelen vaak een belangrijke rol. Voor veel soorten is niet bekend wat de precieze redenen voor achteruitgang zijn (Andrew & Terblanche, 2013). Een zeer sterke achteruitgang is vooral te zien bij de insecten. Schattingen lopen vaak uiteen, maar over het algemeen lijken de meeste soorten af te nemen (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2021).

Zo ook de bosparelmoervlinder (*Melitaea athalia*). Een vlinder die tot aan het begin van de twintigste eeuw een vrij algemene soort in Nederland was (Vlinderstichting, z.d.). De laatste decennia is het verspreidingsgebied echter gekrompen tot de huidige populaties op de Veluwe (Bos, 2006; van Swaay, 1997) met recentelijk nog het verdwijnen van een populatie op de Veluwezoom. In de periode vanaf 1992 zijn de aantallen sterk afgenomen (Van Swaay, 2020) al kunnen de aantallen relatief gezien nog sterk variëren (Vlinderstichting, z.d.). Buiten Nederland is de bosparelmoervlinder ook grotendeels verdwenen in het Verenigd Koninkrijk, Vlaanderen en Zwitserland (Talsma et al., 2008). Deze afnames zijn waarschijnlijk toe te schrijven aan veranderingen in het beheer en daardoor verlies van geschikt habitat (Bos, 2006). Daarnaast zijn de habitats vaak maar kort geschikt (Warren, 1987b) en is de bosparelmoervlinder gevoelig voor veranderingen in het ecosysteem. Dit maakt bescherming van de soort ingewikkeld en is veel actief management nodig (Warren, 1991). De bosparelmoervlinder staat momenteel genoteerd als ernstig bedreigd en wordt daarom ook beschermd in het kader van de Wet natuurbescherming (*Vlinder: bosparelmoervlinder / Melitaea athalia*, z.d.).

Opvallend is dat de primaire waardplant van de bosparelmoervlinder in Nederland, hengel (*Melampyrum pratense*), geen vergelijkbare of grote afname laat zien (FLORON, z.d.-a). Het is nog grotendeels onduidelijk wat de oorzaken kunnen zijn voor dit verschil. Voorgaand onderzoek (Diepeveen, 2020) heeft gekeken naar de samenstelling van hengel en het effect op het voorkomen van de bosparelmoervlinder. Uit dat onderzoek bleek dat vegetatie structuur, zoals kroonbedekking en bedekking van grassen en mossen, een belangrijke rol speelt. Ook werd aangetoond dat er sprake is van mogelijke asynchroniteit tussen het opkomen van hengel in het voorjaar en het opkomen van de rupsen na de overwintering (diapauze). Het kan een indicatie zijn dat de rupsen meer waardplanten hebben dan alleen hengel. Deze potentiële waardplanten zouden als belangrijke voedselbron kunnen dienen in het voorjaar wanneer hengel nog niet aanwezig is. Dit is ook belangrijk wetend dat asynchroniteit tussen waardplant en vlinder nog eens versterkt kan worden door klimaatverandering met meer frequent, vroeg en warm lenteweer (Rytteri et al., 2021).

In dit onderzoek zal worden gekeken wanneer de rupsen uit de diapauze komen en welke mogelijke waardplanten naast hengel de rupsen dan tot hun beschikking hebben. Hierbij zal de focus worden gelegd op vingerhoedskruid (*Digitalis purpurea)*, smalle weegbree *(plantago lanceolata)* en gewone ereprijs *(veronica chamaedrys)* omdat de rups buiten Nederland hier ook gebruik van kan maken. De verwachting is dat ook in Nederland de rups deze planten gebruikt, al zal er wel sprake zijn van een voorkeur voor hengel. Omdat er bijna geen waarnemingen van post-diapauze rupsen in Nederland zijn, zal ook worden gekeken

naar de factoren die van invloed zijn op het voorkomen van de rups. Hiervoor zullen vegetatie opnames worden gemaakt en een bodemanalyse worden gedaan. De verwachting is dat de aanwezigheid van hengel belangrijk is en, omdat het een hemi-parasiet is, zullen de waardplanten van hengel ook een belangrijk rol spelen.
Verder zal een voortzetting van het onderzoek van Diepeveen (2020) worden gedaan, waarbij op meer locaties buiten Kroondomein Het Loo bodemmonsters worden genomen en de vegetatiestructuur wordt beschreven. Ook zullen opnieuw de vlinders worden geteld en het gedrag worden bestudeerd. Het is grotendeels een herhaling van het onderzoek om zo een databank van de bosparelmoervlinder over meerdere jaren te vormen en om verschillen tussen de jaren te vinden. Wanneer naar het jaar 2021 wordt verwezen zal dit betrekking hebben tot dit onderzoek. Bij verwijzing naar 2020 zal worden verwezen naar het onderzoek van Diepeveen (2020). De verwachting is dat de vegetatie-associaties en de bodemcondities op de nieuwe locaties vergelijkbaar zijn met het Kroondomein, maar verschillen in deze waardes kunnen van belang zijn voor het aantal vlinders dat op een locatie gevonden wordt.

2. De bosparelmoervlinder

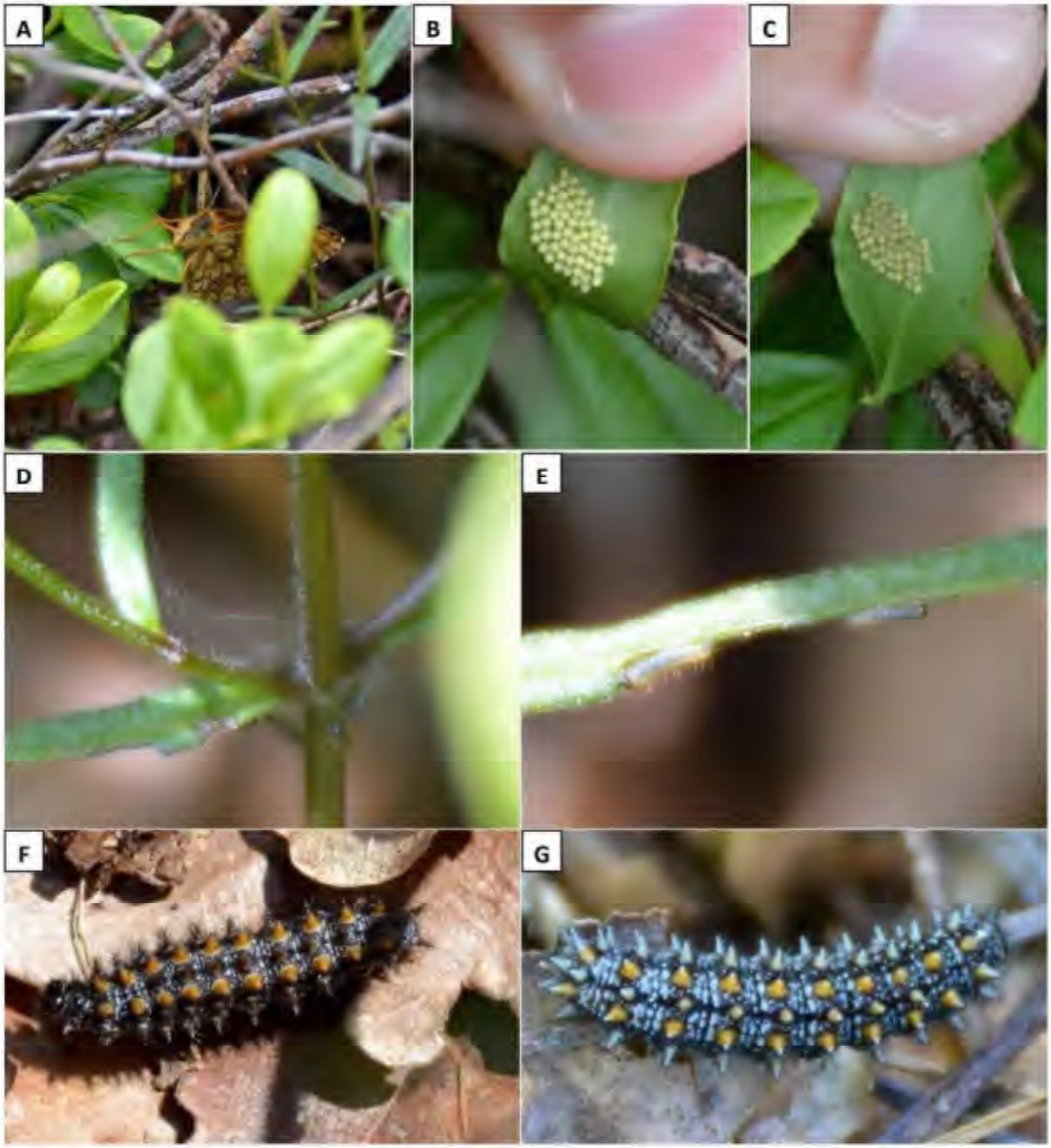
2.1. Taxonomie & kenmerken

De bosparelmoervlinder (*Melitaea athalia*) is een in Nederland ernstig bedreigde en zeldzame soort die alleen op de Veluwe voorkomt. De soort behoort tot de aurelia familie (*Nymphalidae*) en heeft als onderfamilie *Melitaeinae (Vlinder: bosparelmoervlinder / Melitaea athalia*, z.d.*)*. Oude Nederlandse namen voor deze soort zijn ook wel bosmelitaea, bosvlekvlinder, zwartkorenvlinder, zwartkoren-vlekvlinder en zwartvlekvlinder.
De volwassen vlinders (imago's) hebben een spanwijdte van 39 tot 47 millimeter (Diepeveen, 2020). De bovenzijde van de vleugels is overwegend oranje met een witte rand. De vleugeladers zijn donkerbruin omlijnd waardoor oranje vlakken onstaan en de witte rand onderbroken wordt. De onderzijde van de vleugels hebben oranje, okergele en witte banden met een vergelijkbare donkerbruine omlijning van de aders zoals de bovenzijde, al zijn die wat dunner (figuur 1). Er is geen onderscheid in het patroon tussen de mannetjes en de vrouwtjes. De vrouwtjes zijn meestal groter en lichter van kleur en de vorm van het achterlijf is bij de vrouwtjes dikker en ronder door de eitjes die ze dragen.

Figuur 1. *Vrouwtje (A), mannetje (B) en de onderzijde (C) van de bosparelmoervlinder.*

De rupsen van de bosparelmoervlinder doorgaan 6 of 7 stadia (instars) voordat ze verpoppen tot een imago (Frohawk, 1924; Wahlberg, 2000). De rupsen hebben, net als andere soorten in de Melitaeine onderfamilie, 13 segmenten met stekels (scoli). Op de stekels zitten zwarte haartjes (setae). In het eerste stadium zijn de rupsen nog transparant met een donkere kop. Ze hebben nog geen stekels maar al wel enkele kleurloze setae (figuur 2E). In het tweede stadium zijn de rupsen bruin-gelig. De setae ontwikkelen zich tot grijze stekels met zwarte haartjes. In het derde stadium zijn de rupsen donkergrijs met grijze stippen. De stekels hebben niet allemaal dezelfde kleur, waarbij de dorsaallaterale stekels zwart-gelig worden, terwijl de andere stekels zwart zijn. Alle stekels hebben een grijze punt. In het vierde stadium worden de dorsaallaterale stekels oranje met

een donkere punt. De middorsale, laterale en ventrolaterale stekels zijn zwart-bruinig en de overige stekels grijs-gelig. Het vijfde stadium is grotendeels gelijk aan het vierde stadium. De middorsale en laterale stekels zijn zwart-gelig en de dorsaallaterale stekels zijn oranje. De overige stekels zijn zwart en alle stekels hebben een grijze punt (figuur 2F). In het zesde stadium zijn ook de middorsale, net als de dorsaallaterale stekels, oranje en de overige stekels zijn lichter en grijs van kleur. Doordat de setae op het hoofd aan de basis grijs zijn, kan het hoofd gestippeld lijken (figuur 2G).
Met de beschrijving van Frohawk (1924) waren de rupsen van figuur 2F & 2G al in het zesde en zevende stadium en is er een extra stadium aan het einde van de diapauze. In de rest van dit onderzoek wordt uitgegaan van zes instars zoals beschreven in recenter onderzoek bij Wahlberg en Warren (Wahlberg, 2000; Warren, 1987a).



Figuur 2. *De verschillende stadia van de bosparelmoervlinder als gevonden in dit onderzoek. (A) eierleggend vrouwtje, (B) eitjes op dag 0, (C) eitjes op dag 16 (D) spinsel van 1e instar rupsen, (E) 1e instar rupsen, (F) 5e instar rups en (G) 6e instar rups.*

2.2. Levenswijze

De bosparelmoervlinder is een univoltiene soort (Warren, 1987a). De vlinder heeft een vliegtijd van begin juni tot begin augustus (*Vlinder: bosparelmoervlinder / Melitaea athalia*, z.d.), maar in een warm en zonnig voorjaar kunnen ze ook al eind mei gezien worden (van Swaay, 1997). De imago's vliegen zelden bij temperaturen lager dan 18°C (Bos, 2006). Het is geen krachtige vlieger, met een gemiddelde vliegafstand van 30 tot 214 meter, al zijn zeldzame uitschieters tot meer dan drie of zelfs vier kilometer bekend (Bos, 2006; Vodičková et al., 2019; Warren, 1987b). De soort is erg honkvast en de aanwezigheid van een smalle strook ongeschikte habitat kan al resulteren in gelimiteerde migratie naar andere habitats (Warren, 1987b). Potentiele habitats op meer dan tien kilometer afstand kunnen dan ook hoogstwaarschijnlijk niet natuurlijk gekoloniseerd worden (Warren, 1987c).

Mannetjes zijn over het algemeen mobieler dan vrouwtjes, voornamelijk in het begin van de vliegperiode. Vrouwtjes zijn vaker verborgen en zonnen meer dan de mannetjes die opzoek zijn naar vrouwtjes. Vrouwtjes zijn daarnaast minder mobiel door de grote groepen aan eitjes die ze bij zich dragen (Vodičková et al., 2019). Naarmate ze meer eitjes hebben gelegd, zullen ook de vrouwtjes meer gaan vliegen. Doordat de mannetjes een actievere vliegperiode hebben, zullen ze een grotere kans hebben te migreren naar andere geschikte habitats (Fric et al., 2010).

De vlinders voeden zich voornamelijk met gele composieten aan de bosrand, zoals gewoon biggenkruid en havikskruiden (Bos, 2006), maar buiten Nederland zijn ze ook gezien op soorten uit de kamperfoeliefamilie (*Caprifoliaceae*), de lipbloemenfamilie (*Lamiaceae*), de ranonkelfamilie (*Ranunculaceae*) en de composietenfamilie (*Asteraceae*)(Schwarzwälder et al., 1997).

Paring gebeurt maar één keer, omdat de mannetjes een paringsplug plaatsen over de bursa copulatrix van het vrouwtje (Wahlberg, 2000). De ei-afzetting doen de vrouwtjes veelal aan de onderzijde van de bladeren van hengel, smalle weegbree of een plant dichtbij de waardplant. Hierbij worden de eitjes in groepen van 60 tot 150 stuks gelegd (Bos, 2006; van Swaay, 1997; Warren, 1987c). Bij voorkeur worden de eieren ook op zonnige plekken gelegd of op planten waar zonninge plekken in de buurt zijn (Bos, 2006; Wahlberg, 2000; Warren, 1987a). Eitjes worden ook meer gelegd op planten die in meer open vegetatie staan. Wellicht doordat ze meer opvallen en groeien in relatief warme gebieden (Talsma et al., 2008; Warren, 1987c). Na twee tot drie weken komen de eitjes uit (Warren, 1987a; Warren et al., 1984). De net uitgekomen rupsen zullen eerst de eischaal opeten voor ze naar de waardplant wisselen. De rupsen zonnen veel, maar verschuilen zich bij temperaturen hoger dan 32°C (Bos, 2006).

In het eerste rupsenstadium leven de rupsen gezamenlijk in een dun spinsel aan de onderzijde van het blad (Warren, 1987a). In het tweede en derde stadium leven ze solitair en eten en zonnen de rupsen veel. Hierin nemen ze in omvang toe tot ongeveer vijf millimeter lang (Wahlberg, 2000). In deze stadia trekken ze van plant naar plant, waar ze telkens een nieuw dun spinsel maken (Bos, 2006). In het vierde stadium gaan de rupsen in diapauze. Dit doen de rupsen alleen of in een spinsel bij elkaar op de waardplant of op een verdroogd blad in de strooisellaag (Bos, 2006; van Swaay, 1997; Warren, 1987a). Op de eerste warme dagen van het voorjaar worden ze weer actief, eten ze wanneer het warm genoeg is en ook dan zonnen ze veel. Lage temperaturen en beperkte zonneschijn kan de ontwikkeling van rupsen en verpoppen afremmen (Warren, 1987a). Wanneer de rupsen in het zesde stadium voldoende zijn gegroeid verpoppen ze aan een droge plantenstengel, op stenen, aan de voet van bomen of in de strooisellaag (Bos, 2006; van Swaay et al., 2006). Wanneer de omstandigheden te slecht zijn kunnen de rupsen nog een tweede of verlengde diapauze houden (Diepeveen, 2020). Na ongeveer drie weken komen de volwassen vlinders tevoorschijn (Warren, 1987a).

2.3. Habitat & verspreiding

De bosparelmoervlinder heeft een groot verspreidingsgebied dat reikt van het Verenigd Koninkrijk tot Japan en van Scandinavië tot Spanje en Turkije (Bos, 2006; Vodičková et al., 2019). De habitat kan per locatie verschillen, maar het zijn veelal open habitats in een stadium van vroege successie (van Swaay, 1997). In het Verenigd Koninkrijk komt de vlinder vooral voor in recent gekapt bos, ruige graslanden en beschutte heide (Warren, 1987a). In Finland is de soort waargenomen in droge graslanden, kruidenrijke wegbermen, semi-

open bossen en langs bosranden (Talsma et al., 2008). Vroeger was de soort in Nederland ook te vinden op zandgronden, open plekken in hakhoutbossen en strubbenbossen, wegbermen en zelfs in de duinen (Bos, 2006; van Swaay, 1997), maar de huidige populaties op de Veluwe leven vooral bij kruidenrijke, open plekken in bossen zoals beschutte graslanden, brede bospaden, bosranden, kapvlakten en open plaatsen in hakhoutbos (Bos, 2006). Dit zijn vaak gebieden in een vroeg stadium van successie die binnen enkele jaren ongeschikt kunnen worden doordat het te dicht begroeid raakt (Warren, 1987a, 1987c). Hierin speelt de mate van kroonbedekking en schaduw een belangrijke rol (Diepeveen, 2020). Hakhoutbeheer is een effectieve manier gebleken in het vormen van geschikt habitat met positieve effecten op de bosparelmoervlinder (Vliegenthart, 2011). Bosbesheide (*Vaccinio-Callunetum*) is een belangrijk habitat voor hengel (halfparasiet op eik en bosbes), en daarmee ook voor de bosparelmoervlinder (Bijlsma et al., 2008). Waarschijnlijk is ook de sub-associatie van kussentjesmos-dennenbos (*Leucobryo-Pinetum*) een belangrijk habitat, al is onzeker of deze associatie echt belangrijk is voor de aanwezigheid van de bosparelmoervlinder (Diepeveen, 2020).

2.4. Waardplanten

De bosparelmoervlinder heeft een voorkeur voor schrale, droge vegetatie met een afwisseling van heide en grasvegetaties (van Swaay, 1997). Als belangrijkste en waarschijnlijk enige waardplant in Nederland wordt hengel (*Melampyrum pratense*) vaak genoemd, maar buiten Nederland is de vlinder ook waargenomen op een verscheidenheid aan andere planten. Veelal worden ook smalle weegbree (*Plantago lanceolata*), gewone ereprijs (*Veronica chamaedrys*) en vingerhoedskruid (*Digitalis purpurea*) gezien als de belangrijkste waardplanten van de bosparelmoervlinder (Talsma et al., 2008; Tolman et al., 1998; Wahlberg, 2000). Deze soorten groeien net als hengel op droge tot matige vochtige, voedselarme tot matig voedselrijke en zwakzure bodems (NDFF Verspreidingsatlas Vaatplanten, z.d.). Er zijn verder veel soorten waaraan de bosparelmoervlinder buiten Nederland geassiocieerd is, maar dat zijn echter veelal soorten die in een enkele studie worden benoemd en waarschijnlijk kunnen dienen als nectarbron (bijlage A). Het geeft wel aan dat de bosparelmoervlinder zeer flexibel kan zijn in waardplantkeuze, zoals ook is aangetoond door Warren (1987a). Een studie in Finland heeft ook aangetoond dat veel van de waardplanten van de bosparelmoervlinder worden gekarakteriseerd door de aanwezigheid van iridoïde glycosiden (Talsma et al., 2008). Iridoïde glycosiden zijn giftig voor veel insecten en werken dus als afschrikmiddel voor herbivoren, maar sommige rupssoorten kunnen het opnemen om zelf als verdediging te gebruiken (Talsma et al., 2008; TesaŘOvÁ et al., 2013). De hoeveelheid iridoïde glycosiden lijkt geen verschil te maken voor de keuze voor een voedselplant. Vrouwtjes van een vlinder binnen dezelfde familie als de bosparelmoervlinder (Veldparelmoervlinder; *Melitaea cinxia*) lijken wel te kiezen voor planten met een hogere iridoïde glycoside concentratie voor oviopositie (Nieminen et al., 2003).

2.4.1. Hengel

Hengel is een halfparasiet op voornamelijk zomereik, berk en bosbes. De soort komt voor op open plekken in bossen, kapvlakten, bosranden, zeeduinen, beschaduwde bermen en heide. De plant komt vrij algemeen voor in Nederland op droge, zure grond. De plant groeit vanaf april tot augustus en begint met bloeien in juni. De aantallen per jaar kunnen sterk fluctueren, maar sinds 1950 is er wel een achteruitgang te zien in de aantallen (FLORON, z.d.-a). Hengel kan gedijen op zeer arme bodems en de volledige grootte kan in enkele weken worden bereikt dankzij de nutriënten van de gastheer (Smith, 1963), mits de plant de wortels van de gastheer kan bereiken.

Naast de bosparelmoervlinder hebben ook *Eupithecia plumbeolata* (Hengeldwergspanner), *Amphipyra tragopoginis* (Boksbaardvlinder), *Melitaea diamina* (Woudparelmoervlinder) en *Opsibotys fuscalis* (Ratelaarlichtmot) hengel als waardplanten (Natural History Museum, z.d.), maar deze bedreigde soorten komen niet voor in de habitat van de bosparelmoervlinder of zijn al verdwenen. Hengel is ook een waardplant van *Euphydryas maturna* (Roodbonte parelmoervlinder)(Wahlberg, 2001a), maar deze soort komt niet voor in Nederland.

2.4.2. Smalle weegbree

Een zeer algemene, overblijvende soort die vooral voorkomt op dijken, bermen, graslanden en ruderale plaatsen. De plant bloeit al vroeg in het voorjaar en bloeiende exemplaren zijn nog tot in de herfst te vinden. Ook deze soort kan sterk fluctueren, maar aantallen zijn sinds 1950 goeddeels gelijk gebleven (FLORON, z.d.-b). Doordat de smalle weegbree al vroeg in het seizoen aanwezig is, kan het mogelijk een geschikte waardplant voor de post-diapauze rupsen zijn.

2.4.3. Gewone ereprijs

Gewone ereprijs komt voor op graslanden, bermen, dijken, lichte plekken in bossen, bosranden, heggen, zeeduinen, wallen, stenige plaatsen en uiterwaarden. Het is een zeer algemene soort, maar zeldzaam op de waddeneilanden. Het is een overblijvende soort, die net als smalle weegbree vroeg in het voorjaar bloeit (FLORON, z.d.-d). Dit maakt het mogelijk ook een geschikte waardplant voor de post-diapauze rupsen.

2.4.4. Vingerhoedskruid

Vingerhoedskruid is een algemene tweejarige soort die voornamelijk groeit op open plekken in bossen, bosranden, struwelen, kapvlakten en ruderale terreinen. Oorspronkelijk is het een soort uit het zuiden en oosten van het land, maar ondertussen is de plant door heel Nederland verspreid (FLORON, z.d.-c). Het is de enige plantensoort waarop in Nederland een post-diapauze bosparelmoerrups is aangetroffen, al gaat het hier maar om een enkele waarneming. In het Verenigd Koninkrijk zijn ook rupsen van de bosparelmoervlinder op vingerhoedskruid aangetroffen in vegetatie die vergelijkbaar is met die in Nederland (Diepeveen, 2020). De soort vormt rosetten in het eerste jaar van groei en bloeit pas rond mei en juni in het jaar daarop. Doordat deze rosetten aanwezig blijven tijdens de winter (Vranckx & Vandelook, 2012), kan het mogelijk als voedselbron dienen voor de rupsen in het vroege voorjaar.

3. Methode

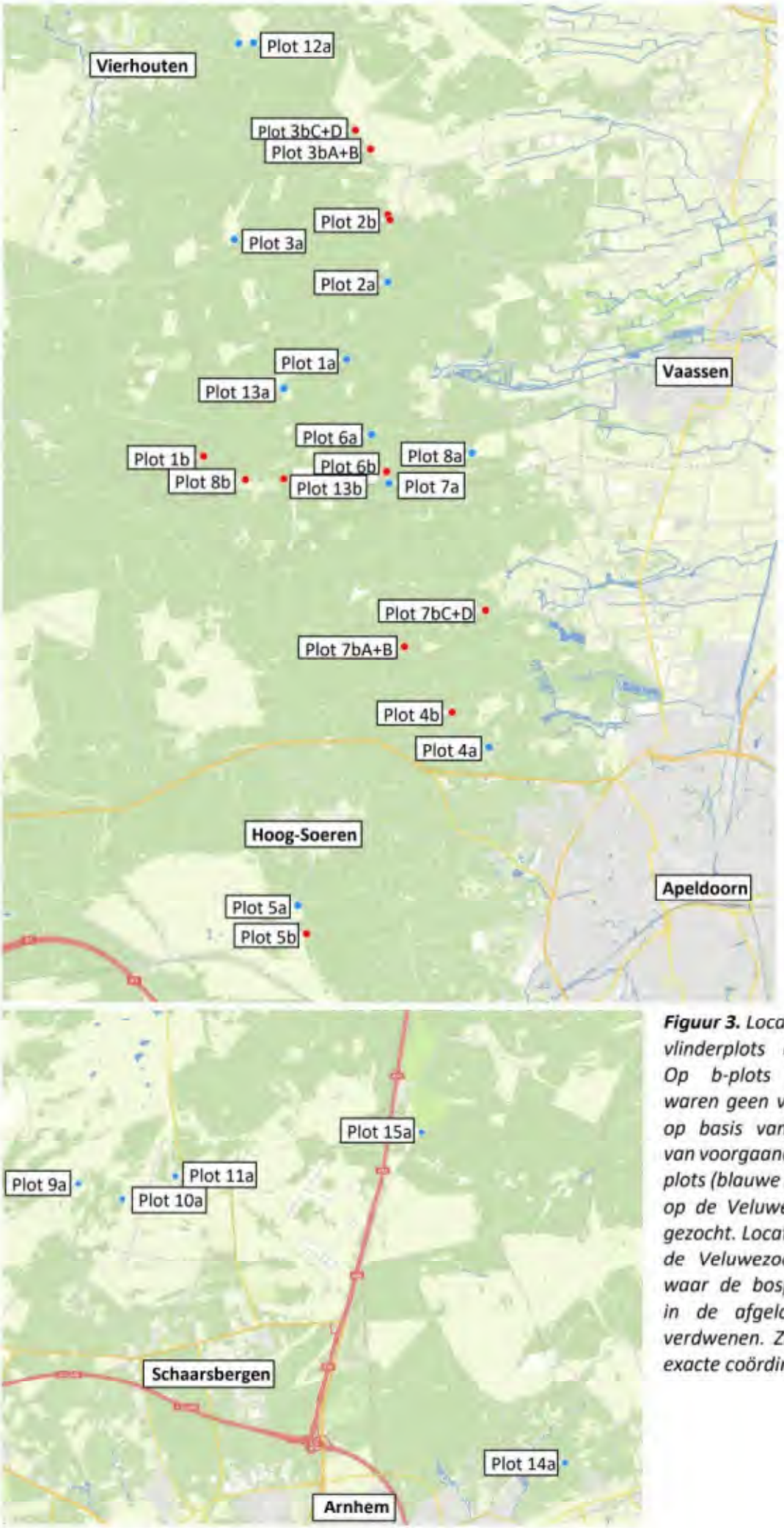
3.1. Locaties

Het onderzoek is verdeeld in twee delen: in het eerste deel is onderzocht wat de waardplanten van de post-diapauze rups in het voorjaar zijn en het tweede deel is de voortzetting van het onderzoek van Diepeveen (2020). Het onderzoek van Diepeveen was uitsluitend uitgevoerd in Kroondomein Het Loo bij Apeldoorn. In dit onderzoek worden ook plots uitgezet in Nationaal Park de Hoge Veluwe en vliegbasis Deelen bij Arnhem en het Hendrik Mouweveld bij Vierhouten (figuur 3 & bijlage B+C). Verspreid over deze gebieden zijn 13 locaties voor rupsenplots gekozen op basis van de bosparelmoervlinderpopulaties en -waarnemingen van de afgelopen 7 jaar. Er zijn 26 locaties voor de vlinderplots gekozen op basis van dezelfde vlinderwaarnemingen en de waarnemingen van rupsen op de rupsenplots.

3.1.1. Nationaal Park de Hoge Veluwe

De Hoge Veluwe ligt gelegen op het midden en zuiden van de Veluwe. Het gebied wordt al sinds de middeleeuwen gekarakteriseerd door heidegebieden, mede door intensieve beweiding met schapen en ontginning van bossen. Vanaf de 19^{e} eeuw heeft veel heide plaatsgemaakt voor bossen die aangeplant werden voor houtproductie. Door de hoge menselijke activiteit in het gebied was er sprake van een hoge biodiversiteit met veel soorten die tegenwoordig sterk afgenomen of verdwenen zijn. In 1906 werden de gebieden die het hedendaagse park vormen aangekocht en samengevoegd tot één park waar een deel gereserveerd werd voor grofwild (*Natuur & Landschap Park Hoge Veluwe*, z.d.).

Het park bestaat voor 65% uit bos met grotendeels grove den, maar ook berk, beuk en eik. Verder heeft het park enkele stuifzandgebieden en veel heide, variërend van droge hei, natte hei, droog grasland en vennen. Er is actief natuurbeheer voor het behoud van de heide, stuifzand en diverse bossoorten. Grote grazers zoals herten, reeën en moeflons zijn verantwoordelijk voor een deel van dit beheer. Verder worden actief dennen verwijderd en wordt er geplagd, gemaaid en gebrand (*Natuur & Landschap Park Hoge Veluwe*, z.d.).



Figuur 3. *Locaties van zowel de vlinderplots als rupsenplots. Op b-plots (rode rondjes) waren geen vlinders verwacht op basis van waarnemingen van voorgaande jaren. Op de a-plots (blauwe rondjes) 1 t/m 13 op de Veluwe is naar rupsen gezocht. Locatie 14a en 15a op de Veluwezoom zijn locaties waar de bosparelmoervlinder in de afgelopen 5 jaar is verdwenen. Zie bijlage F voor exacte coördinaten.*

3.1.2. Vliegbasis Deelen

Militaire vliegbasis Deelen ligt ten noorden van Arnhem en grenst tegen de oostkant van Nationaal Park de Hoge Veluwe. Het vliegveld is opgeleverd vlak voor de eerste wereldoorlog en flink uitgebreid tijdens de tweede wereldoorlog en momenteel doet het nog dienst als Forward Operating Base. Omdat het nog steeds dient als een vliegbasis bestaat het grootste deel van het terrein uit akker en graslanden. Met name langs de rand van het gebied (o.a. grenzend aan de Hoge Veluwe) zijn bossen te vinden. In het noorden is ook nog een deel heide te vinden.

3.1.3. Kroondomein Het Loo

Kroondomein Het Loo is gelegen op het midden van de Veluwe ten noordwesten van Apeldoorn. Het gebied is 10.500 hectare groot en bestaat voor het grootste deel uit de Koninklijke Houtvesterij (9700 hectare) en een deel is gereserveerd voor het Paleispark (650 hectare). Het is al meer dan 300 jaar sterk verbonden met het Huis Oranje-Nassau. Het gehele Kroondomein bestaat voor 81% uit bos, 16% uit heide, 2% uit landbouwgrond en de overige 0.5% zijn gebouwen en tuinen (Diepeveen, 2020). Van oorsprong werd de Koninklijke houtvesterij gebruikt voor de jacht en voor bosbouw. Huidig natuurbeheer richt zich op natuurvolgend bosbeheer, waarbij veel ruimte wordt gelaten voor natuurlijke processen en houtoogst zorgvuldig wordt bepaald, zodat het vergelijkbaar is met natuurlijke uitval. Ook wordt er actief ecologische restauratie toegepast wat neerkomt op ongelijkmatig uitdunnen van bossen om variatie te creëren (*Kroondomein Het Loo*, z.d.).

3.1.4. Hendrik Mouwenveld, Noorderheide & Greveld

Het Hendrik Mouwenveld, Noorderheide & Greveld zijn gebieden ten zuiden en oosten van Vierhouten en eigendom van Staatsbosbeheer. Het Hendrik Mouwenveld is een heidegebied omringt door bossen en grenst aan het beboste Cornelis Mouwenveld. De Noorderheide bestaat voor ongeveer een derde uit bos en twee derde uit heide (Staatsbosbeheer, 2012). Het Greveld is een heideveld in het oosten van het gebied. In de gebieden grazen edelherten, damherten, moeflons en reeën. Ook worden wilde zwijnen, vossen en dassen waargenomen (Staatsbosbeheer, 2012).

3.1.5. Nationaal Park Veluwezoom

Nationaal Park Veluwezoom is een gebied van ruim 5000 hectare groot en ligt in het zuidoostelijke deel van de Veluwe. Het is het eerste nationale park van Nederland. Het gebied is eigendom van Natuurmonumenten en het wordt gekenmerkt door bossen, heidevelden, stuifzandgebieden en landgoederen. Daarnaast is het gebied in verhouding erg heuvelachtig. In het gebied leeft groot wild zoals zwijnen, reeën, herten, Schotse hooglanders en IJslandse paarden (Natuurmonumenten, z.d.).

3.2. Methode rupsen

Het eerste deel van het onderzoek was in het voorjaar van 2021 van begin april tot begin juni. Dit is de periode waarvan bekend is dat de post-diapauze rupsen actief zijn. De focus was op de potentiële waardplanten van de post-diapauze rupsen. Naar deze planten is actief gezocht is.
Na deze periode (half juni tot eind juli) is ook gezocht naar rupsen in het eerste of tweede stadium. In de eerste twee rondes van de vlindertellingen (14 juni t/m 8 juli) is er niet actief naar gezocht. In de derde ronde (vanaf 12 juli) is er wel actief gezocht, omdat vrijwel alle vlinders al verdwenen waren.

3.2.1. Locaties & waardplanten

De locaties voor de rupsenplots zijn gekozen op basis van waarnemingen van vlinders van voorgaande jaren, omdat waarnemingen van rupsen (in het voorjaar) schaars zijn in Nederland. Hierdoor moest ook actief in het veld worden gezocht naar potentiële locaties waar de rups zich kon bevinden. Hierbij is gezocht naar locaties waar veel hengel aanwezig was. Vier nieuwe locaties (figuur 3; 9a t/m 12a) met enkele recente waarnemingen van vlinders (afgelopen 5 jaar) waren aangewezen en acht locaties van voorgaand jaar (figuur 3; 1a t/m 8a) waren gebruikt. Eén locatie (figuur 3; 13a) is later nog toegevoegd omdat daar uiteindelijk ook nog rupsen waren gevonden. In totaal is op 13 locaties naar rupsen gezocht. Om het zoekgebied te verkleinen

en de tijd efficiënter te kunnen benutten is binnen deze locaties gezocht naar de (mogelijke) waardplanten van de rupsen (hengel, smalle weegbree, gewone ereprijs en vingerhoedskruid). Dit ook omdat niet met zekerheid kon worden gezegd op welke planten de vrouwtjes eitjes afzetten. Op plekken waar de waardplanten werden gevonden is eerst gekeken of er mogelijk rupsen op de strooisellaag of de planten zaten. Wanneer dit niet het geval was is bij planten met vraatsporen tot 2 meter van de plant in de strooisellaag gezocht. Dit is echter alleen in de eerste 4 weken van het onderzoek gebeurd, waarna bleek dat waarschijnlijk de meeste rupsen toch niet in de strooisellaag zaten of daarin te moeilijk te vinden waren.

3.2.2. Rups inventarisatie

De locaties zijn tussen de 2 en 5 keer bezocht. Locatie 13a is minder bezocht doordat er pas later in het voorjaar rupsen zijn gevonden. Locatie 10a en 11a zijn minder bezocht door slecht weer en doordat het lastig plannen was. Tijdens elke ronde is, wanneer een rups werd waargenomen, bij elke waarneming de locatie, de dichtsbijzijnde waardplant, de grootte en het gedrag van de rups genoteerd. Het gedrag is onderverdeeld in de volgende categorieën: reizen, zonnen of rusten en eten. Foto's zijn gemaakt om naderhand het rupsenstadium te bepalen. Verder zijn de afstanden tot- en het aantal potentiële waardplanten gemeten en is de afstand tot eventuele andere rupsen genoteerd. Op plekken waar een rups is waargenomen is tot enkele tientallen meters gezocht naar andere waardplanten. De locatie daarvan is genoteerd en de afstand tot hengel is gemeten. Het aantal en de locatie van (potentiële) waardplanten is genoteerd, ook wanneer geen rupsen gevonden werden, om een beeld van de vegetatie op de locaties te krijgen. Veldwerk heeft alleen tussen 10:00 en 17:00 plaatsgevonden met de volgende criteria voor het weer: droog en windkracht lager dan 5 Beaufort. De laagste temperaturen waarin naar rupsen gezocht is was 9°C, wat waarschijnlijk te koud was voor de rupsen om actief te zijn. In het veld zijn ook de temperatuur, wolkbedekking en windkracht genoteerd.

3.3. Methode vlinders

3.3.1. Locaties

Voor de vlinders zijn uiteindelijk 22 locaties gekozen. 13 a-locaties en 9 b-locaties (figuur 3; bijlage F). De a-locaties zijn gekozen op basis van waarnemingen van vlinders en hengel van de afgelopen jaren (2013-2020), terwijl bij de b-locaties wel hengel is waargenomen maar geen vlinders. Voor het Kroondomein werden zo veel mogelijk plots van het voorgaande jaar gebruikt (Diepeveen, 2020). Elke plot is zo gekozen dat het minimaal tien individuen van hengel bevat. Bij het onderzoek van Diepeveen (2020) werden de locaties in paren gedeeld met vergelijkbare vegetatiestructuur: kleine open plek met heide, corridor of een groter gebied met heide. Binnen deze locaties van 2020 zijn tussen de 3 en 6 afgemeten plots van 5 bij 5 meter uitgezet.

Voor dit onderzoek bleek echter na 1 ronde van vlindertellingen dat het niet mogelijk was om genoeg locaties te vinden voor de b-plots. Bij bijna elk van deze locaties (7 van de 8) die in 2020 zijn gebruikt is in dit jaar wel een vlinder aangetroffen. Deze zijn niet altijd in het plot gevonden, maar wel binnen een straal van 20 meter van de plots. Verder bleek op 3 b-locaties onvoldoende hengel te staan om 4 plots uit te zetten en daarom zijn er daar 1 tot 3 plots uitgezet afhankelijk van hoeveel hengel aanwezig was. Alle b-plots zijn wel elke ronde van de telling meegenomen in tegenstelling tot 2020 waar het minimaal één keer is bezocht en af en toe gecontroleerd was of er vlinders waren (Diepeveen, 2020). Op de Hoge Veluwe, vliegbasis Deelen en het Hendrik Mouweveld zijn verder geen locaties met b-plots gekozen omdat er geen locaties van hengel bekend waren of gevonden zijn die vergelijkbaar genoeg waren om een paar te vormen. Op locatie 4a en 9a zijn 5 plots uitgezet, omdat die grote hoeveelheden hengel en genoeg ruimte hadden voor een extra plot. Doordat vrijwel geen b-plots betrouwbaar gebruikt konden worden als plot zonder vlinder is besloten om ook te kijken naar 2 locaties waar de bosparelmoervlinder recent verdwenen is (2016 en 2018). Dit betreft 2 locaties op de Veluwezoom (locatie 14a en 15a; bijlage D).

3.3.2. Vlinder inventarisatie

Elk plot is 10 minuten geobserveerd waarin alle vlinders zijn genoteerd en waar mogelijk is het geslacht en gedrag vermeld. Daarin zijn de volgende categorieën onderscheiden: vliegen (trekkend/zoekend), nectar drinken, zonnen (zitten met open vleugels), rusten (zitten met gesloten vleugels), copuleren en ei-afzetten. Indien de vlinder nectar dronk, is de bezochte bloemsoort en duur van bezoek genoteerd.

Vergelijkbaar met de methode van de rupsen zijn observaties alleen gedaan onder specifieke weersomstandigheden: droog, windkracht lager dan 5 Beaufort, minimaal 16°C en bij voorkeur zonnig. Metingen zijn alleen tussen 10:00 en 17:00 gedaan. Ook zijn in het veld de wolkbedekking en windkracht gemeten. Achteraf is de temperatuur genoteerd die gemeten is door één van de weerstations van het KNMI (KNMI, 2021).

Naast de waarnemingen in de plots zijn ook de waarnemingen van vlinders buiten het plot genoteerd. Hierbij is het aantal, geslacht, gedrag en duur van het gedrag genoteerd. Hierbij is het gedrag 1 à 2 minuten geobserveerd afhankelijk van het aantal vlinders in de omgeving. Bij grote aantallen vlinders dicht bij elkaar is gelimiteerd gekeken naar de duur van het gedrag (tot 30 seconden), omdat het lastig was onderscheid te maken tussen de individuele vlinders. Wanneer het gedrag over langere periode niet leek te veranderen is een tijd langer dan 2 minuten genoteerd. Hierbij kan het zijn dat in deze tijd de vlinder niet constant is geobserveerd, maar aannemelijk is dat het gedrag in de tussentijd niet veranderd is. Al deze waarnemingen zijn gebruikt om algemeen gedrag, plaats van voorkomen en de gebruikte nectarplanten te bepalen.

3.3.3. Vegetatie-opname

Binnen elk plot is ook de plantenrijkdom genoteerd en is een schatting gemaakt van het percentage oppervlak per soort, vegetatiebedekking (grassen, struiken, kruiden) en kroonbedekking. Daarnaast is de boomhoogte en vegetatiehoogte per vegetatielaag gemeten. Op basis van de genoteerde en getelde soorten zijn ook de vegetatie-associaties bepaald.

3.3.4. Bodem- en nutriënten analyse

Voor alle locaties die niet al door Diepeveen (2020) zijn bemonsterd en geanalyseerd, is binnen elke plot op 5 willekeurige plekken een bodemmonster genomen uit de bovenste bodemlaag (1 tot 10 centimeter) na het verwijderen van de strooisellaag en deze zijn samengevoegd tot één bodemmengmonster die representatief is voor het gehele plot. Om bodemdichtheid te bepalen is per plot één bodemkern gestoken met een bulkdichtheidsring.

Met een gedeelte van elk mengmonster is na 18 uur drogen, op 105°C in een goed geventileerde stoof, het bodemvochtgehalte gemeten. Daarna zijn de monsters 4 uur verbrand bij 550°C om het organisch-stofpercentage te meten. De pH waarde van de bodem en de concentraties van de nutriënten ammonium, nitraat en fosfaat werden geanalyseerd in een 0,2 M NaCl-oplossingsextract. De concentraties van bufferende kationen $Ca2^+$, K^+ en $Mg2^+$ werd geanalyseerd via inductief gekoppelde plasma atomaire-emissiespectrometrie (ICP). Per plot is ook één exemplaar van hengel meegenomen waarna de gedroogde planten zijn gebruikt in destructies om de hoeveel N, P, K, Ca en Mg te bepalen. Hiervoor zijn in totaal 25 planten geanalyseerd.

Naast de bodem- en plantmonsters op de vlinderlocaties zijn ook nog monsters genomen op de twee locaties op de Veluwezoom, die dienen als vergelijking voor een locatie waar de bosparelmoervlinder recentelijk verdwenen is. Op deze twee locaties zijn in totaal 8 plots uitgezet waarin hengel stond, net als de andere locaties.

3.3.5. Nectarbronnen van de vlinder

Diepeveen (2020) concludeerde dat de rol van gele composieten twijfelachtig is en dat andere planten waarschijnlijk ook als goede nectarbron kunnen dienen. In elke plot is daarom, waar mogelijk, gekeken naar aanwezigheid van planten die kunnen dienen als voedselbron voor de volwassen vlinders. Dit is gedaan door alle bloemsoorten bij de vegetatie-opname te noteren binnen een plot. De afstand tussen het midden van

de plot en de dichtsbijzijnde bloeiende planten buiten het plot is ook gemeten, evenals het aantal en de soorten.

3.4. Data analyse

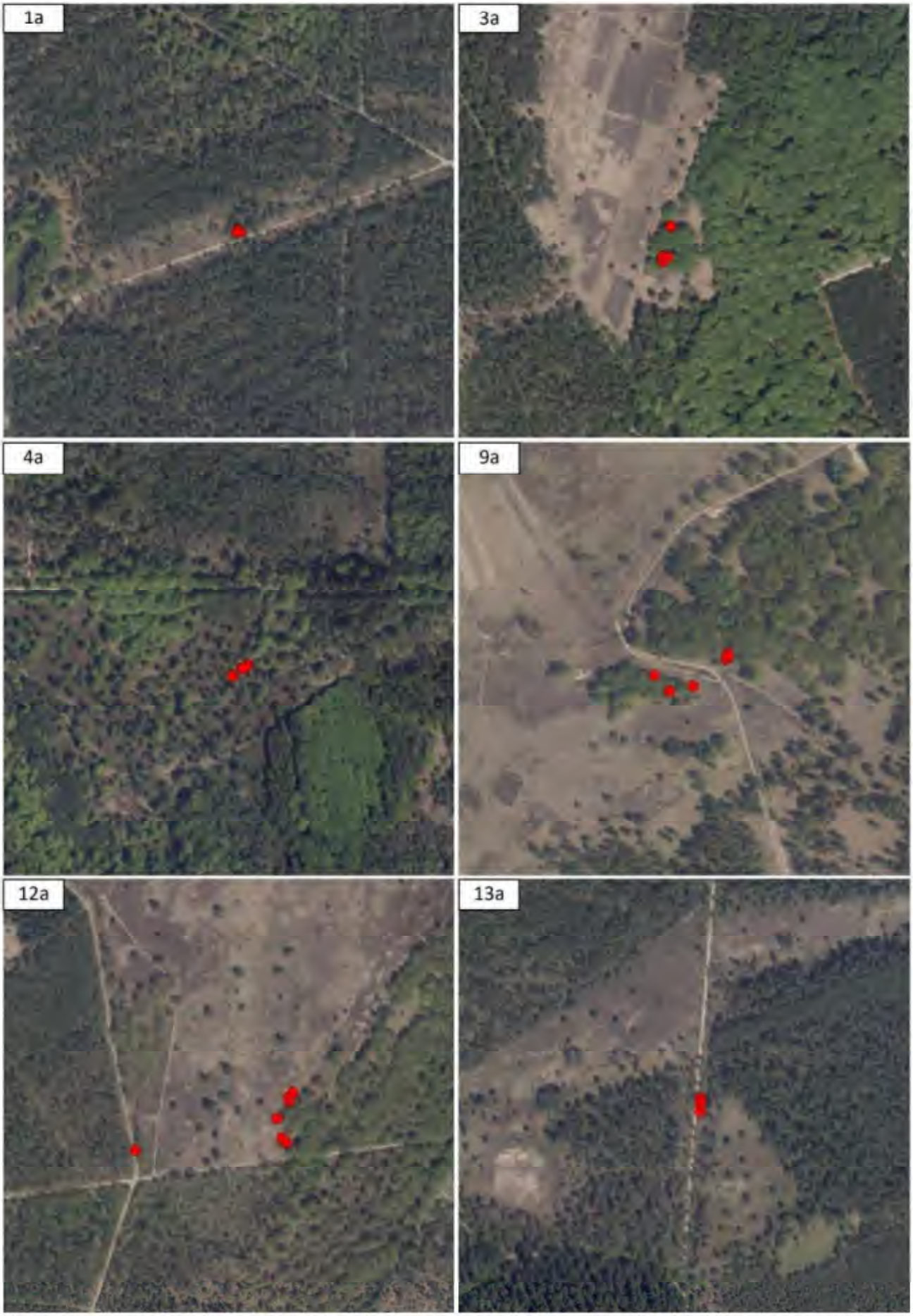
Vegetatie-associaties en bijbehorende ecologie zijn bepaald met behulp van de vegetatie-opnames en SynBioSys (Hennekens et al., 2010).
De overige analyse is gedaan met behulp van R (R Core Team, 2020). Om te bepalen of er een verschil is in bodemcondities tussen de plots en locaties waar de vlinder recentelijk verdwenen is, is gebruik gemaakt van t-tests voor normaal verdeelde data, welch t-tests voor niet homogene varianties en Mann-Whitney U tests voor niet normaal verdeelde en niet homogene varianties. Dezelfde tests zijn gebruikt om te bepalen of er een verschil is in bodemcondities en vegetatie tussen plots waar rupsen zijn gevonden en plots waar geen rupsen zijn gevonden.
Lineaire modellen zijn gebruikt om te testen of de dag van het verschijnen van de eerste vlinder afhankelijk is van de weersomstandigheden in het voorjaar.
Om te testen of er verschillen zijn in de bodemcondities tussen individuele locaties, is gebruik gemaakt van One-way ANOVA bij homogene varianties en Kruskall-Wallis test bij niet homogene varianties. Om te bepalen welke specifieke locaties significant van elkaar verschillen is gebruik gemaakt van "Tukey multiple comparisons" en "Dunn's Kruskall-Wallis multiple comparison" post-hoc testen.
In tegenstelling tot het onderzoek van Diepeveen (2020) zijn bij dit onderzoek de vegetatie en bodemcondities uitgezet tegen plots met rupswaarnemingen in plaats van vlinderwaarnemingen. Dit is gedaan omdat er voldoende rupswaarnemingen waren in meerdere plots en de vlinderwaarnemingen binnen de plots vaak korte bezoeken waren en niet duidelijk was of de locatie werd gebruikt om eitjes te leggen.
T-tests en Mann-whitney U tests zijn gebruikt om te bepalen of weervariabelen zoals de som van zonuren, neerslag en gemiddelde (maximum) temperatuur verklarend zijn voor de verschillen in trendwaardes. Daarvoor zijn trendwaardes gebruikt die teruggaan tot 1992. Ook is gekeken naar de datum waarop het voor het eerst in een jaar maximaal en gemiddeld 12°C was. Dit is de temperatuur waarbij de rupsen actief zouden kunnen zijn en is daarom als maatstaaf gebruikt. Omdat 1 dag misschien niet voldoende is om rupsen uit de diapauze te halen, is ook gekeken naar de eerste datum waarop het 3, 4 of 7 dagen achter elkaar 12°C of warmer was. Met behulp van t-test is gezocht naar een relatie tussen deze factoren en de trendwaardes. Een lineair regressie model met het aantal zonuren, neerslag, gemiddelde temperatuur en de gemiddelde maximum temperatuur voor de maanden februari tot en met mei is opgesteld met behulp van voor- en achterwaartse selecties om te kijken of er een relatie is tussen weersvariabelen en de trendwaardes.

4. Resultaten

4.1. Rupsen

4.1.1. Bosparelmoerrups waarnemingen

In de periode van 30 maart tot en met 16 juni zijn in totaal 64 rupsen gevonden verspreid over 6 locaties (figuur 4). De eerste rupswaarneming was op 27 april op het Hendrik Mouwenveld (figuur 3 & 4; 12a). In totaal werden op die dag 3 rupsen gevonden: 2 ten oosten en 1 ten westen van het heideveld in de bosrand. In beide gevallen was alleen bosbes en hengel in de omgeving aanwezig. Er waren duidelijk sporen van vraat aanwezig op hengel. Op basis van de beschrijving van Wahlberg (2000) kon worden vastgesteld dat het om rupsen van het vijfde stadium ging. Met een lengte van 10mm waren ze aan de kleine kant en waarschijnlijk aan het begin van het vijfde stadium.
Op 12 mei zijn voor het eerst rupsen gevonden op het Kroondomein. Dit betrof de meest noordelijke locatie (figuur 3 & 4; 3a). Er zijn 3 rupsen gevonden waarvan er één van het zesde stadium was. Alle drie de rupsen zijn binnen één meter van elkaar gevonden. De locatie bevatte naar schatting honderden hengelplanten. Echter waren alleen enkele planten, in het midden van het plot dicht bij de rupsen, aangevreten.

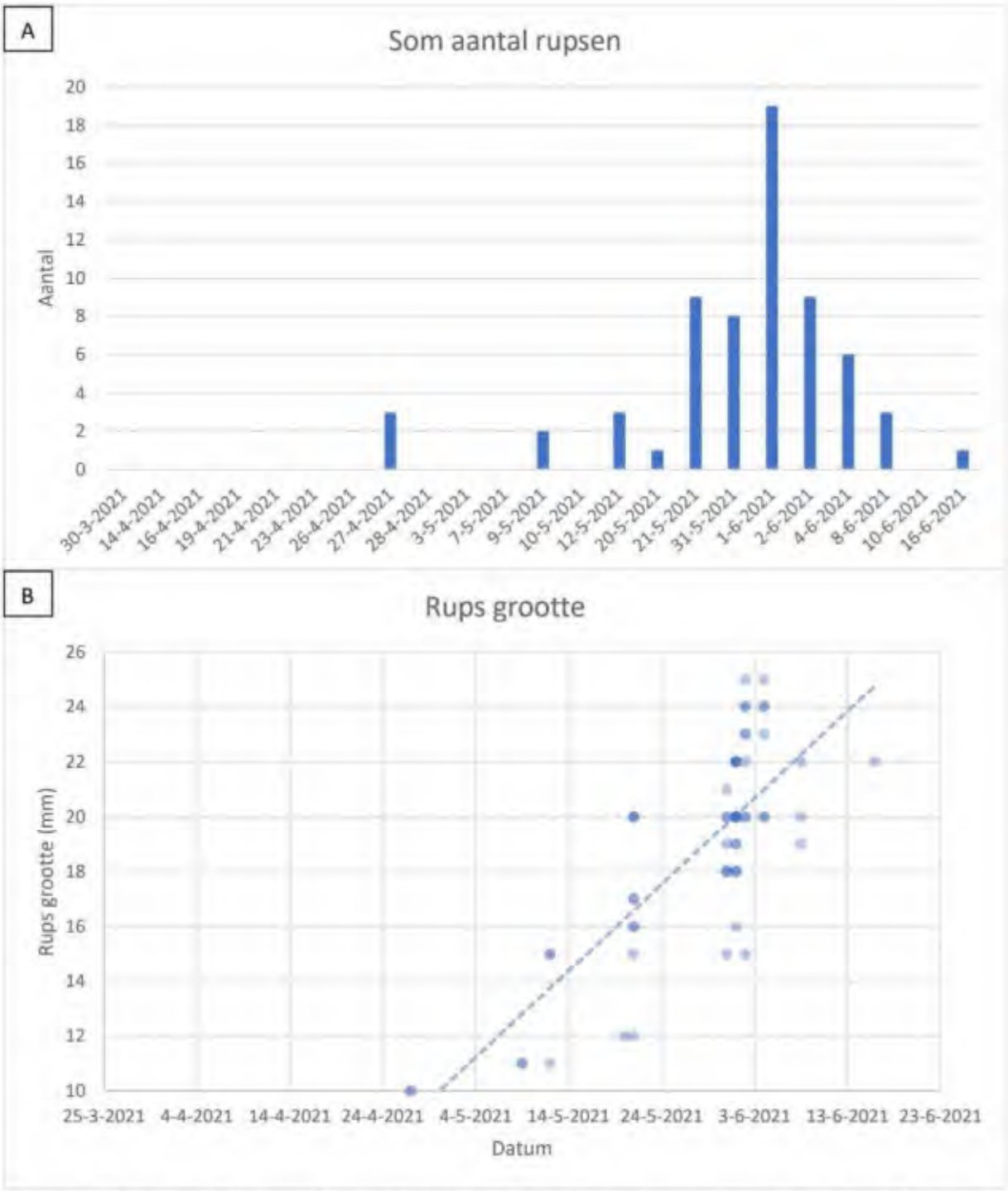


Figuur 4. *Rupswaarnemingen op de 6 locaties waar rupsen zijn gevonden. Elke cirkel is representatief voor 1 rupswaarneming. Schaal 1:5000*

Op 20 mei is voor het eerst een rups gevonden op de Hoge Veluwe (figuur 3 & 4; 9a). Dit op een helling die naar het noorden is gericht en dus relatief minder zon krijgt. Dit is ook aan de andere kant van het pad waar in de afgelopen jaren de meeste vlinders zijn gezien. Op en boven deze helling was een grote hoeveelheid hengel gevonden die in eerdere rondes nog niet gezien was, maar afgaande op de grootte al wel duidelijk eerder aanwezig. Op deze hengel was aanzienlijk meer vraat aanwezig dan de hengel aan de noordkant van de weg. Aan de noordkant is maar een enkele plant met duidelijk vraatsporen gevonden.
Op 21 mei is op locatie 4a een grote hoeveelheid (9) rupsen gevonden. Ondanks dat de waarnemingen werden onderbroken door korte buien, werden ook na een paar buien nog rupsen gevonden. Echter werd na de 3e bui geen rups meer gevonden, waarna de observaties gestaakt zijn. De temperatuur was met 13°C ook aan de lage kant en de rupsen werden ook alleen zonnend of rustend gevonden. De ochtend voor de meting werd gekaraktariseerd door uitbundige zonneschijn waardoor de rupsen dus wel actief werden. De rupsen leken in eerste instantie ook niet gehinderd te worden door de regen. Tijdens de 1e regenbui zijn 2 rupsen geobserveerd die boven op de strooisellaag bleven zitten. Naarmate de regen intenser werd verplaatsten de rupsen zich langzaam aan naar drogere plekken onder bijvoorbeeld een dood blad.
Op 1 juni is op een nieuwe locatie een grote hoeveelheid rupsen gevonden. Deze locatie viel buiten de eerder bezochte locaties. Omdat deze locatie uiteindelijk de locatie met de meeste rupsen bleek te zijn, is deze locatie ook meegenomen met de vlindertellingen (figuur 3 & 4; 13a).
Zoals verwacht is een groot deel van de rupsen zonnend gevonden (Bos, 2006). Meer dan driekwart van de rupsen (50/64) was aan het zonnen of rusten. Dit werd voornamelijk gedaan op grote, droge, dode bladeren (19/50), op ander strooisel in de strooisellaag (11/50) of op hengel (10/50). In mindere mate werden de rupsen ook zonnend gevonden op bosbes (6/50). Er zijn 6 hengel etende rupsen gevonden. Deze rupsen zijn alleen waargenomen bij temperaturen hoger dan 20°C. De laagste temperatuur waarbij rupsen gevonden zijn was 13 °C, wat overeenkomt met de grens van 12°C waarbij de rupsen actief zouden zijn (Warren, 1987a). 5 Rupsen waren aan het reizen, maar ook deze zijn altijd in de buurt van een hengelplant gevonden. Wolkbedekking verschilde sterk, maar ongeveer twee derde van de rupsen (41/64) is op een onbewolkte dag gevonden.
De meeste rupsen zijn gevonden in de periode van 21 mei tot 8 juni (figuur 5A). Tussen de eerste waarneming en de toename van het aantal rupsen rond 20 mei waren 2 periodes van meer dan een week waar geen rupsen zijn gevonden. In deze weken is minder vaak het veld bezocht vanwege slecht, regenachtig weer (figuur 12b). Voor de locaties die wel zijn bezocht was de temperatuur aan de lage kant en was het veelal bewolkt. De grootte van de rupsen is in de gehele gemeten periode lineair gegroeid ($t(96) = 20.315$, $p = 1.11e-09$), al lijkt het misschien licht exponentieel wanneer de zon gaat schijnen eind mei (figuur 5B). Het meten van de rupsen was niet altijd gemakkelijk, omdat bij lichte aanraking de rupsen soms oprolden en ze ook niet altijd recht lagen. Daardoor zou er een kleine afwijking in de grootte kunnen zijn.

4.1.2. Waardplanten van de bosparelmoerrups

Alle rupsen zijn binnen een straal van 25 centimeter van een hengelplant gevonden. Er zijn geen rupsen gevonden bij de potentiële andere waardplanten. Het aantal hengel in de directe omgevingen (straal van 10 meter) van de rupsen varieerde sterk tussen 5 en 2000 planten. Ongeveer de helft van de rupsen (31/64) was ook binnen een straal van een meter van een andere rups te vinden.
De Hoge Veluwe was de enige locatie die in maart is bezocht. Eind maart was alleen vingerhoedskruid en een enkele smalle weegbree aanwezig. Het vingerhoedskruid lag echter op een paar honderd meter van de locaties waar de meeste vlinderwaarnemingen waren gedaan van de bosparelmoervlinder de jaren daarvoor. Later in het seizoen is hier verder ook geen hengel aangetroffen. Op de plekken met veel vlinderwaarnemingen zijn later wel grote hoeveelheden hengel aangetroffen.
Rond half april zijn de eerste zaailingen van hengel aangetroffen op enkele locaties op het Kroondomein (figuur 6). Sommige locaties bevatten een groot aantal (>50), maar het was over het algemeen niet in grote getalen aanwezig. De grootte van de planten op dat moment leek nog niet voldoende te zijn geweest om een groot aantal rups te voeden. Met de tijd werd wel meer hengel gevonden en de grootte van de planten aan het eind van het voorjaar varieerde flink binnen de locaties. De kleur van de hengel varieerde per locatie ook



Figuur 5. *De som van het aantal gevonden rupsen op de data waarop naar rupsen is gezocht (A) en de grootte van de gevonden rupsen (B). Hoe donkerder de kleur hoe meer rupsen van dezelfde grootte op die datum gevonden zijn. De x-as begint bij 10mm omdat de post-diapauze rupsen van de 5^{e} instar ongeveer 10 tot 12mm in lengte zijn.*

sterk. Hengel op open plekken zonder bosbes leek vaker rood-paarsig en kleiner te zijn dan de hengel die tussen de bosbes groeide. Hier is echter niet specifiek op gelet tijdens dit onderzoek, maar het verschil is te verwachten aangezien hengel parasiteert op bosbes. Rupsen zijn ook niet op dergelijke planten gevonden en vraat was op deze planten ook niet aanwezig.

Op vliegbasis Deelen zijn grote hoeveelheden hengel gevonden. Op locatie 11a in het noordoosten is aanzienlijke vraat van hengel waargenomen. Hierbij zijn enkele zaailingen bijna geheel opgegeten. Bij terugkeer op een latere datum is echter geen toename in de vraat te zien en de aanwezige vraat was oud. Net buiten het bos zijn op locatie 10a ook grote hoeveelheden smalle weegbree gevonden. De hengel op

Figuur 6. *Verschillende groottes van hengel op verschillende data in het voorjaar. Vanaf 20 mei hebben de meeste grote hengel planten al meerdere zijtakken.*

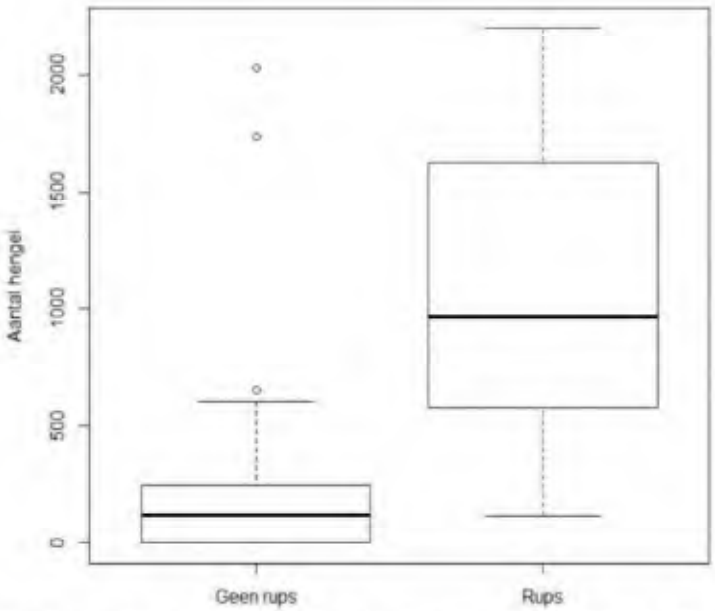
locatie 10a groeide tot ongeveer 50 meter in het bos. In tegenstelling tot de andere locaties was hier geen bosbes aanwezig en groeide de hengel in dichte groepen bij elkaar. De hengel parasiteerde hier waarschijnlijk op de aanwezige eik of berk.

Op bijna alle locaties is voornamelijk hengel gevonden. Wanneer andere waardplanten zijn gevonden waren het meestal enkele wijdverspreide individuen. Het vaakst is vingerhoedskruid gevonden en ereprijs is nergens gevonden in de buurt van de plots. Grote aantallen van vingerhoedskruid lagen op sommige locaties enkele honderden meters van de locaties met hengel. De enige locatie zonder waardplanten binnen de plots van 2020 was locatie 5a. Daar was in 2020 nog wel hengel gevonden. Tijdens de vlindertelling waren er een paar honderd meter naar het zuiden, op hetzelfde heideveld, wel hengel en ook vlinders gevonden. Die locaties zijn dan ook gebruikt voor nieuwe plots van 5a tijdens de vlindertelling. Verder is nog gekeken op de locatie van een rupswaarneming uit 2020, waarop een post-diapauze rups was waargenomen op vingerhoedskruid. Op deze locatie was geen hengel aanwezig, maar wel een enkele vingerhoedskruid. Deze had geen vraatsporen. Ook hier werden later, tijdens de vlindertelling, in de buurt vlinders waargenomen. Per locatie zijn hengelplanten, die samen dichte patches vormden en binnen 10 meter van elkaar stonden, samengenomen als de totale som van hengel van die locatie. Deze aantallen van hengel zijn vergeleken met de rupswaarnemingen en daaruit blijkt dat er een significant verschil ($t_{Mann\text{-}Whitney}$ = 43.5, p= 0.0001) in het aantal hengelplanten is tussen locaties waar rupsen zijn gevonden en locaties waar geen rupsen zijn gevonden (figuur 7). De rupsen zijn vaker gevonden op locaties waar gemiddeld meer hengel staat.

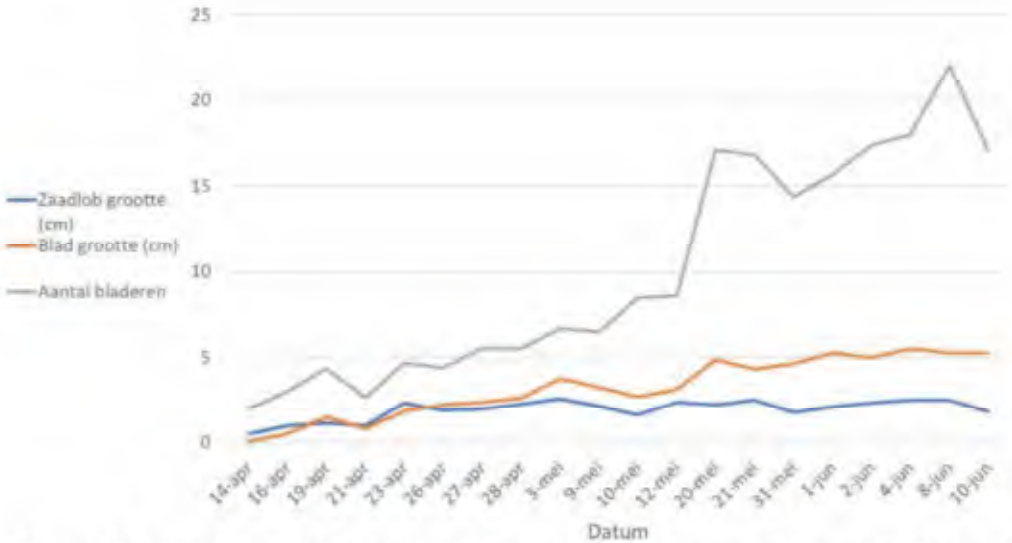
Tijdens het zoeken naar rupsen is ook gekeken naar de groei van hengel (figuur 8). Als zaailingen bieden de hengelplanten nog niet veel voedsel tenzij het in grote getalen aanwezig is. Al vrij snel nadat de zaadlobben

boven de grond komen, vormen de eerste echte bladeren. De groei van de plant is vrij constant tot rond half mei zijtakken worden gevormd en de groei snel toeneemt. Tegen die tijd is er voor de rups meer dan voldoende voedsel van één plant te halen. In de eerste weken nadat hengel tevoorschijn komt lijken de rupsen voornamelijk voorkeur te hebben voor de zaadlobben. De meeste vraat was in die periode op de zaadlobben al kan het zijn dat de zaailingen die in het geheel zijn weggegeten over het hoofd zijn gezien. Hengel lijkt verder ook niet veel eerder dan 14 april op te komen en het verschijnen van de rupsen valt dan goed samen.

Op één locatie na zijn op alle locaties sporen van vraat gevonden. Omdat geen andere soorten in Nederland bekend zijn die in dezelfde habitat ook hengel als voedsel gebruiken, is het waarschijnlijk dat op de meeste locaties rupsen hebben gezeten. De vraat verschilde sterk, maar was vaak gelimiteerd tot een paar hapjes uit een blad. In een enkel geval zijn ook planten gevonden die bijna geheel waren weggegeten.



Figuur 7. *Boxplot van het aantal hengel op locaties waar wel en geen rupsen zijn gevonden. Er is een significant verschil gevonden in het aantal hengel ($t_{Mann\text{-}Whitney} = 43.5$, $p = 0.0001$).*



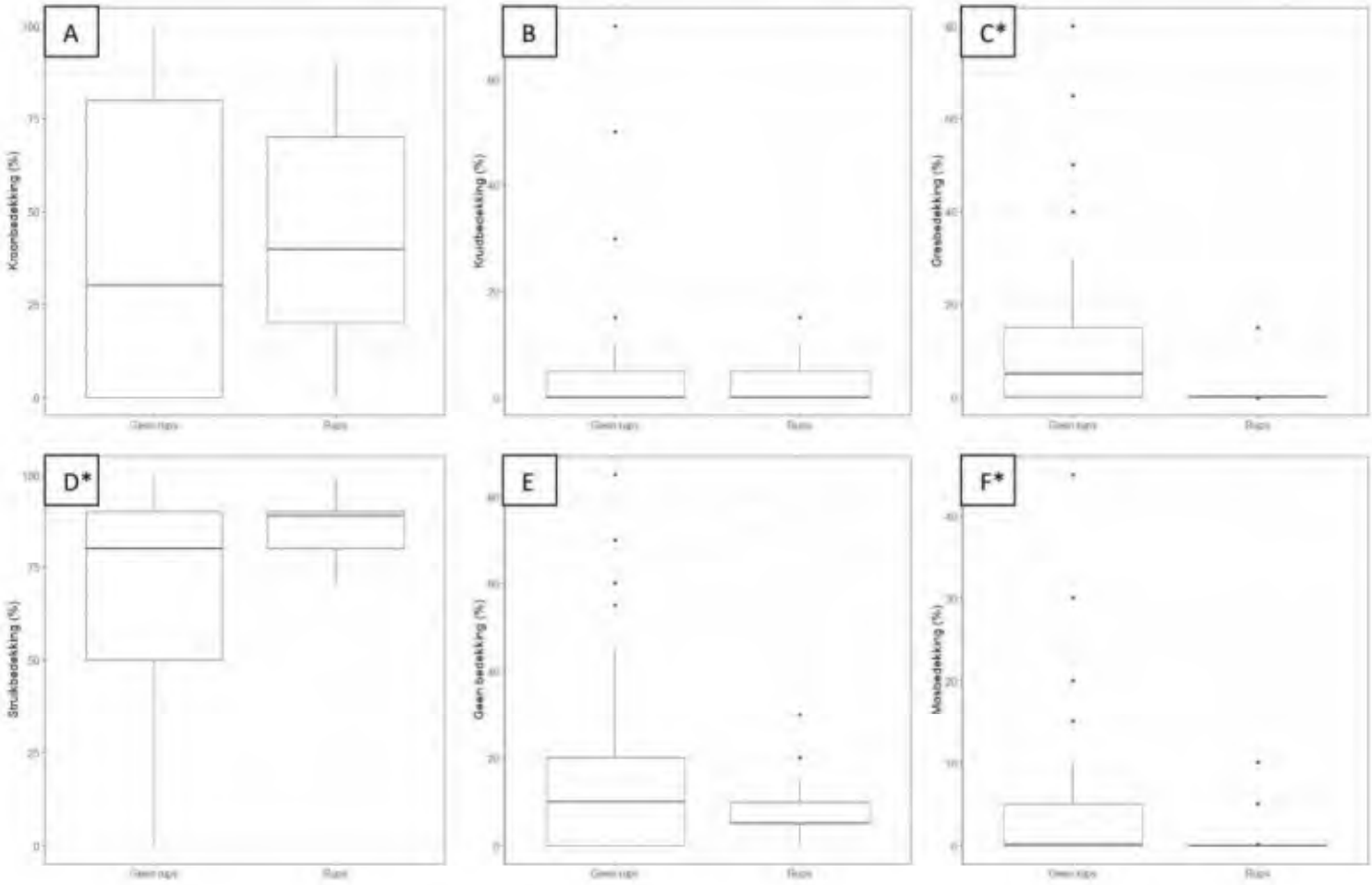
Figuur 8. *Blauwe lijn: de gemiddelde grootte van de grootste zaadlob. Oranje lijn: de gemiddelde grootte van het langste en grootste blad. Grijze lijn: gemiddelde van het maximaal aantal bladeren van de grootste planten per locatie. Gemiddelden zijn genomen van meerdere bezochte locaties op een datum. Aantal locaties per datum kunnen*

4.1.3. De relatie tussen vegetatie, bodemcondities en rupswaarnemingen

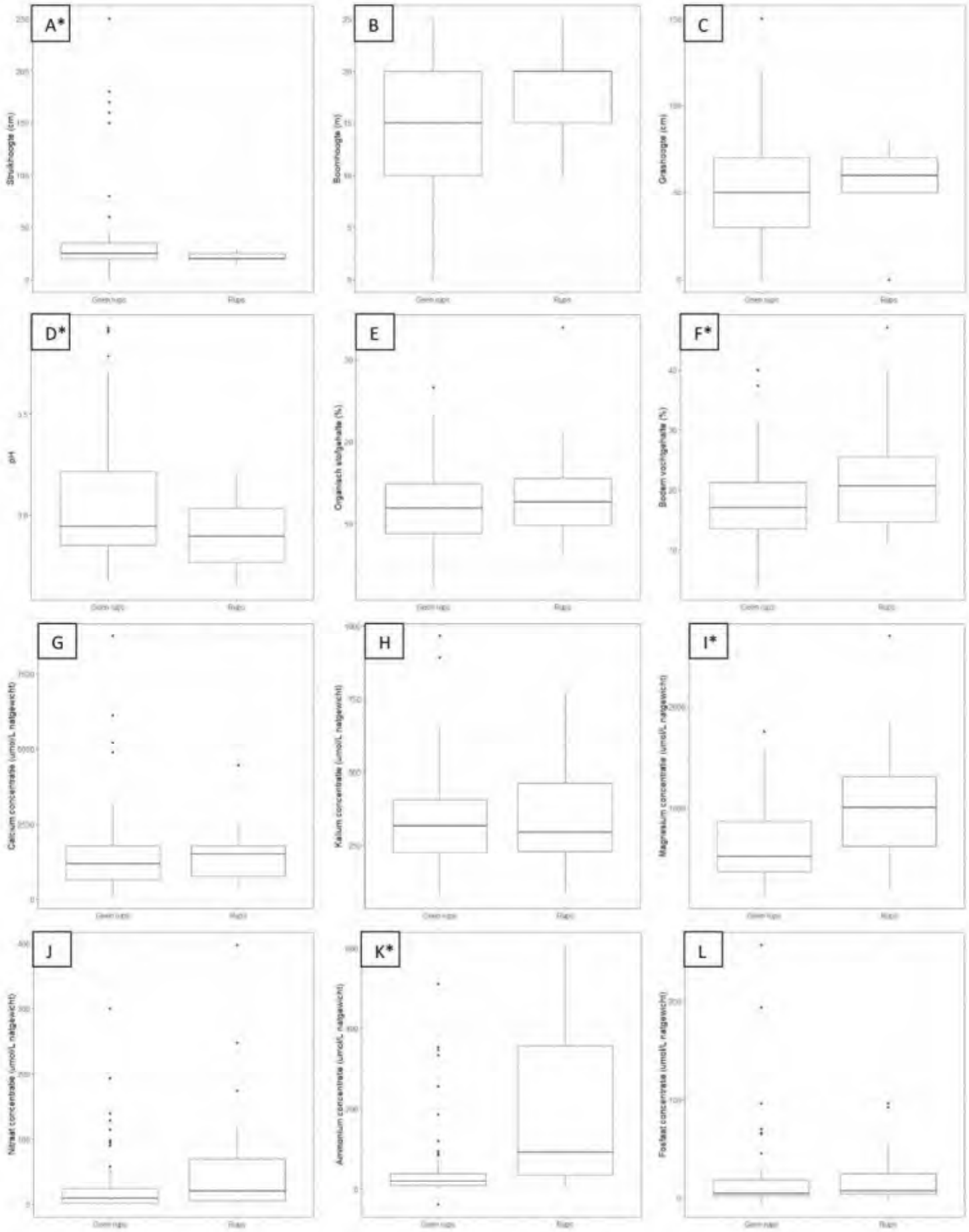
In de vegetatie structuur tussen plots met en zonder rupswaarnemingen zijn significante verschillen gevonden in grasbedekking ($t_{Mann\text{-}Whitney} = 967.5$, $p = 0.00065$), struikbedekking ($t_{welch}(88.575) = -5.1961$, $p = 1.291e\text{-}06$), het percentage mos ($t_{Mann\text{-}Whitney} = 869.5$, $p = 0.0124$) en de struikhoogte ($t_{Mann\text{-}Whitney} = 881.5$, $p = 0.0124$) (figuur 9 & 10). Voor de pH waarde ($t_{welch}(47.425) = 3.0815$, $p = 0.0034$), het organische stofgehalte ($t_{t\text{-}test}(90) = -4.41$, $p = 2.855e\text{-}05$) en het vochtgehalte ($t_{Mann\text{-}Whitney} = 440.5$, $p = 0.0481$) in de bodem is ook een significant verschil tussen de plots gevonden (figuur 10). Daarbij lijken de rupsen op plots te zitten met een lagere pH waarde en een hoger organisch stof- en vocht gehalte. De gras- en mosbedekking zijn beide lager in plots met rupsen, maar de struikbedekking is hoger.

Bij de samenstelling van de bodem verschilt bij de concentraties bufferende kationen alleen magnesium significant tussen de plots ($t_{welch}(18.864) = -2.564$, $p = 0.0191$). Van de nutriënten ammonium, nitraat en fosfaat is alleen ammonium ($t_{Mann\text{-}Whitney} = 311.5$, $p = 0.0011$) significant verschillend (figuur 10). Voor zowel magnesium als ammonium is de concentratie hoger in plots met rupsen. Voor de nitraat concentratie is een zwak niet significant verschil gevonden ($t_{Mann\text{-}Whitney} = 449.5$, $p = 0.0593$).

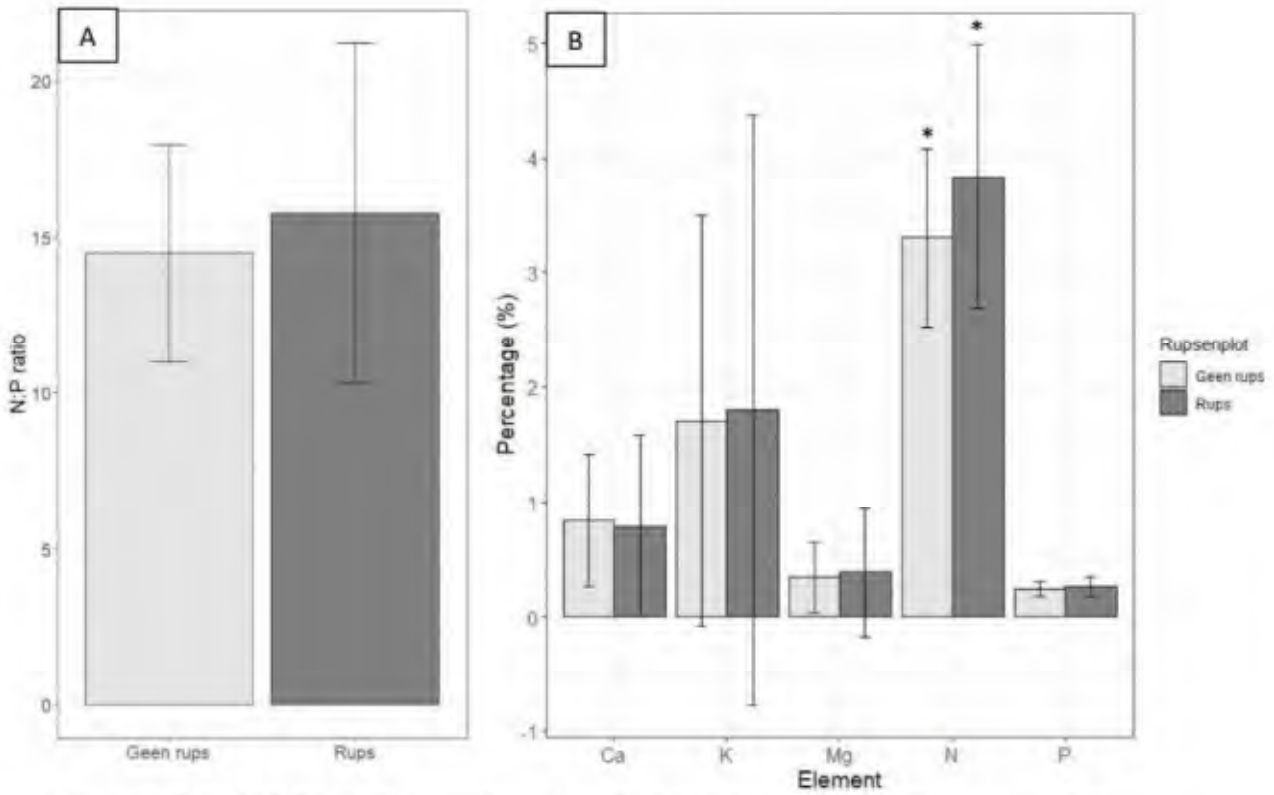
De gemeten percentages van de meeste nutriënten in hengel verschillen niet, behalve van het percentage stikstof ($t_{t\text{-}test}(90) = -2.889$, $p = 0.0048$), waarbij de rupsen vaker in plots zitten met hengelplanten met een hoger percentage stikstof (figuur 11).



Figuur 7. *Boxplots van het percentage bedekking van verschillende vegetatielagen in plots waar rupsen zijn waargenomen en plots waar geen rupsen zijn waargenomen.(A) Kroonbedekking [%], (B) kruidbedekking [%], (C) grasbedekking [%], (D) struikbedekking [%], (E) percentage van een plot zonder vegetatie en (F) mosbedekking [%]. Boxplots gebaseerd op* $n_{geen\ rups} = 75$ *en* $n_{rups} = 17$ *plots. Asterisk geeft een significant verschil tussen plots met en zonder rupsen aan. Significante verschillen zijn gevonden voor (C)* $t_{Mann\text{-}Whitney} = 967.5$, $p = 0.00065$, *(D)* $t_{welch}(88.575) = -5.1961$, $p = 1.291e\text{-}06$ *en (F)* $t_{Mann\text{-}Whitney} = 869.5$, $p = 0.0124$.



Figuur 8. *Boxplots van de hoogte van verschillende vegetatielagen en de chemische samenstelling in plots waar rupsen zijn waargenomen en plots waar geen rupsen zijn waargenomen.(A) Struikhoogte [cm], (B) boomhoogte [m], (C) grashoogte [cm], (D) pH van de bodem, (E) percentage organische stof, (F) percentage vocht in de bodem, (G) concentratie Calcium [µmol/L natgewicht], (H) concentratie Kalium [µmol/L natgewicht], (I) concentratie Magnesium [µmol/L natgewicht], (J) concentratie nitraat [µmol/L natgewicht], (K) concentratie ammonium [µmol/L natgewicht] en de concentratie fosfaat [µmol/L natgewicht]. Boxplots gebaseerd op* $n_{geen\ rups} = 75$ *en* $n_{rups} = 17$ *plots. Asterisk geeft plot met een significant verschil aan. Significante verschillen zijn gevonden voor (A)* $t_{Mann\text{-}Whitney} = 881.5$, $p = 0.0124$, *(D)* $t_{welch}(47.425) = 3.0815$, $p = 0.0034$ *en (F* $t_{Mann\text{-}Whitney} = 440.5$, $p = 0.0481$, *(I)* $t_{welch}(18.864) = -2.564$, $p = 0.0191$ *en (K)* $t_{Mann\text{-}Whitney} = 311.5$, $p =$



Figuur 9. *Ratio N:P (A) en de percentages van de elementen calcium, kalium, magnesium, stiksof en fosfor (B) in hengel van plots met en zonder rupswaarnemingen. Er is een significant verschil in het percentage N ($t_{t\text{-}test}(90) = -2.8885$, $p = 0.0048$) tussen de hengelplanten.*

4.1.4. Weersomstandigheden in het voorjaar van 2021

In vergelijking met voorgaande jaren was het voorjaar van 2021 koud en nat. Door veel wisselvallig weer was er weinig ruimte voor lange periodes met zon. Tot begin juni is het neerslagtekort niet boven de 40mm gekomen. Ter vergelijking was het tekort sinds 2017 in deze periode minimaal 80mm. Op Deelen lagen de temperaturen in april en mei gemiddeld 3,8°C en 2,9°C lager dan normaal (KNMI, 2021). Verder waren er 2 periodes (3 en 31 maart) waarin een hoge maximale temperatuur snel werd opgevolgd door een daling van de temperatuur, waarbij de minimum temperatuur onder het vriespunt lag in de nacht. In april was nachtvorst ook niet ongewoon, met ongeveer de helft van de dagen waar de minimum temperatuur onder het vriespunt kwam (figuur 12A). Pas vanaf half april kwam de temperatuur regelmatig boven de minimale temperatuur van 12^{O}C waarbij de rupsen actief zouden zijn (Warren, 1987a).

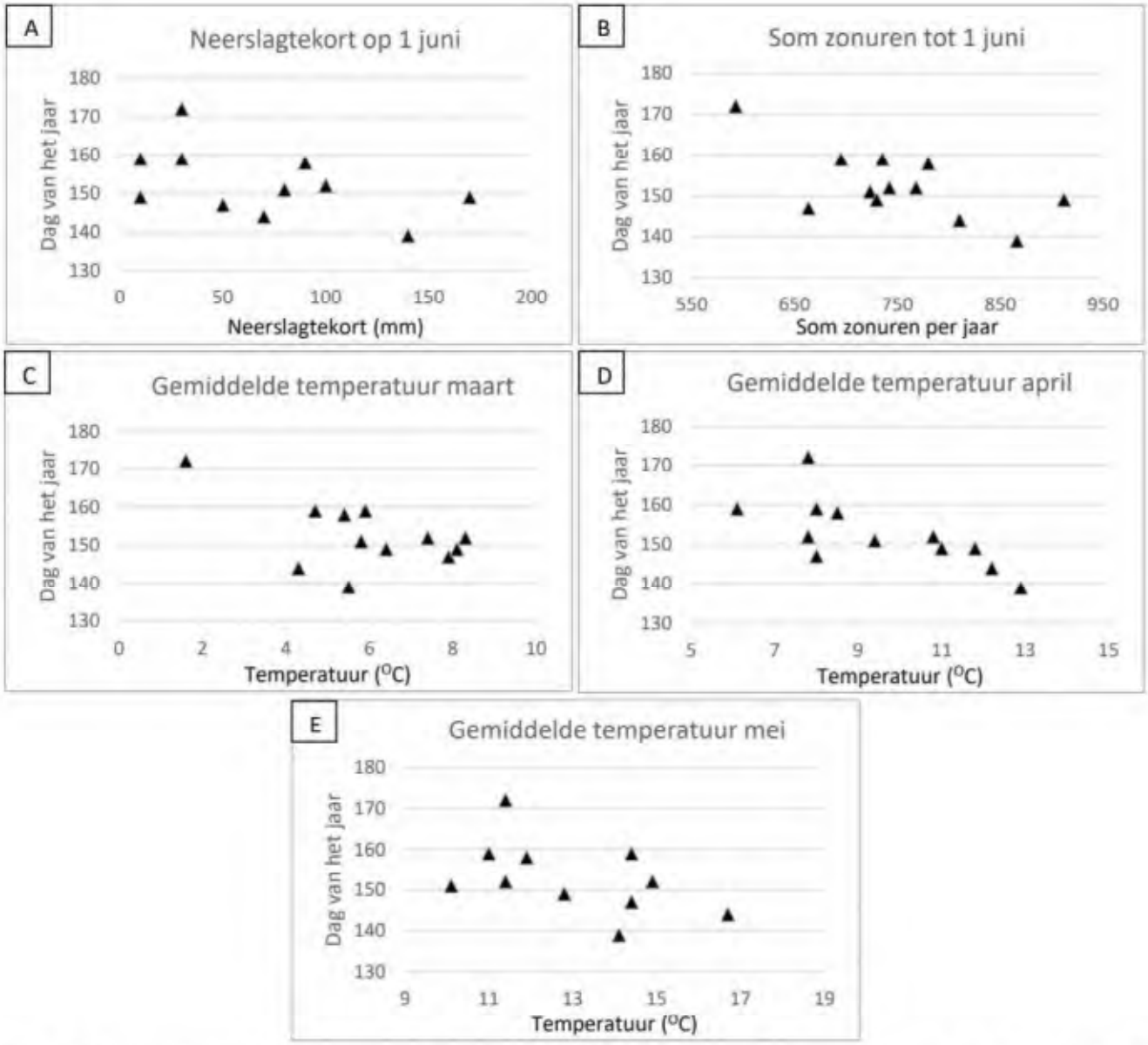
Het aantal zonuren lag in de maanden april en mei respectievelijk 19,3 uur hoger en 26,4 uur lager dan normaal (figuur 12C). De hoeveelheid neerslag was in april ongeveer gelijk aan het normaal, maar in mei was de neerslag ongeveer 50mm meer dan normaal (figuur 12B).

Vanaf 16 april kwam de maximum temperatuur bijna altijd boven de 12°C waarbij de rupsen actief zouden worden. In de 2 weken erna was ook veel zonneschijn en weinig regen. Als dit wordt vergeleken met de datum van de eerste rupswaarneming en de groeisnelheid van de rupsen in de weken na de waarneming (figuur 5B), dan is de periode van 16 april tot 1 mei waarschijnlijk de periode waarin de meeste rupsen uit de diapauze zijn gekomen.

Ondanks een relatief laag aantal zonuren en veel neerslag in mei, lijkt de groei van de rups niet heel sterk vertraagd te worden door het weer. De temperatuur is daarentegen wel boven de 12°C. Tegen eind mei en begin juni stijgt de temperatuur flink en komt de zon meer tevoorschijn. Na deze warme periode neemt het aantal waargenomen rupsen begin juni snel af tot op 16 juni de laatste post-diapauze rups wordt gevonden. Bijna alle rupsen die dan gevonden worden zijn al 20 millimeter of groter en zijn groot genoeg om te

verpoppen. Rond deze datum is nog geprobeerd om een pop te vinden, maar dat is niet gelukt. De rupsen verpoppen waarschijnlijk verstopt in de strooisellaag (Diepeveen, 2020) of diep tussen de bosbes en zijn daardoor zeer lastig te vinden.

Figuur 10. *(A) Temperaturen, (B) neerslag en (C) zonuren voor de maanden februari t/m mei en half juni. De asterisk geeft een extreme waarde van 68,5mm neerslag aan die weggesneden is uit de grafiek om de grafiek niet te veel te vervormen. Gegevens van KNMI (KNMI, 2021). Groene lijn geeft de minimale temperatuur aan waarbij de rupsen volgens literatuur actief zijn.*



Figuur 11. *Weervariabelen uitgezet tegen de dag van het jaar waarop de eerste vlinders zijn waargenomen sinds 2010. (A) Neerslagtekort (mm) op 1 juni. (B) Som van zonuren tot 1 juni en gemiddelde temperatuur (°C) in (C) maart, (D) april en (E) mei. Er is een significante negatieve relatie tussen de dag van eerste waarneming en de temperatuur in april (t(10) = -2.829, p = 0.0096) en het aantal zonuren (t(10) = -0.067, p = 0.0172).*

In vergelijking met 2021 waren enkele jaren ervoor erg droog en warm, met name in het voorjaar. Omdat het aannemelijk is dat het weer van grote invloed is op de overleving van de rups, is ook gekeken naar weervariabelen van afgelopen jaren. Dan lijkt over de jaren heen het weer een negatieve invloed te hebben op de ontwikkeling van de rups en daarmee het verschijnen van de eerste vlinder (figuur 13). Zowel de gemiddelde temperatuur in april (t(10) = -2.829, p = 0.0096) als de som van de zonuren (t(10) = -0.067, p = 0.0172) tot begin juni hebben een negatieve relatie met de dag van het jaar waarop de eerste vlinders zijn waargenomen. Ook is een zwakke niet significante relatie gevonden van de gemiddelde temperatuur in maart (t(10) = -2.443, p = 0.0677).

Op basis van trendwaardes per jaar is een zwakke niet significant relatie gevonden in het aantal zonuren in april (t(27) = -0.207, p = 0.0717) en het aantal vlinders in een jaar. Er is geen significante relatie gevonden tussen de eerste data waarop het boven de 12°C was en de trenddata van een jaar. Voor het aantal dagen in een maand waarop de temperatuur boven de 12°C kwam is ook geen relatie gevonden met de trenddata. Een lineair regressie model met het aantal vlinders, gebaseerd op trendwaardes, wordt het beste verklaard

door de neerslag in april en mei, het aantal zonuren in mei en de gemiddelde maximum temperatuur in april (table 1).

Tabel 1. *Lineair regressie model voor weersvariabelen correlerend met de trendwaardes vanaf 1992.*

	Estimate	Std Error	P-waarde
(intercept)	248.8591	83.425	0.00686
Neerslag april	-0.8015	0.3212	0.02059
Gemiddelde T april	50.0894	14.7989	0.00267
Gemiddelde max T april	-44.0072	12.3614	0.00175
Zonuren mei	0.4207	0.1691	0.02090
Neerslag mei	0.4745	0.1889	0.01985
Gemiddelde T mei	-9.4747	4.6791	0.05518
Adj-R^2	0.2756		
AIC	274.39		
N	16		
	F(6,22) = 2.775, p = 0.03654		

4.2. Vlinders

4.2.1. Bosparelmoervlinder waarnemingen

In de periode van 14 juni tot 21 juli zijn er 236 waarnemingen gedaan van vlinders. Dit waren 61 individuen binnen de plots en 384 individuen buiten een plot (tabel 2; figuur 14 & 15). Doordat locaties meerdere keren zijn bezocht is het goed mogelijk dat individuen meerdere keren zijn geteld. De eerste vlinder binnen dit onderzoek is op 14 juni waargenomen. Dit is ongeveer een week later dan de eerste bosparelmoervlinderwaarneming van 2021 (8 juni; waarneming.nl). In totaal zijn 250 mannetjes, 124 vrouwtjes en 71 vlinders waarvan het geslacht niet bepaald kon worden gevonden.

Tabel 2. *Totaal aantal waarnemingen van bosparelmoervlinders verdeeld op locatie binnen of buiten een plot en geslacht. Onbekend zijn vlinders waarvan het geslacht niet vastgesteld kon worden.*

	Mannetje	*Vrouwtje*	*Onbekend*	*Totaal*
Binnen plot	33	19	9	61
Buiten plot	217	105	62	384
Totaal	250	124	71	445

Op de eerste dag van de vlindertellingen zijn naast de eerste vlinders ook al copulerende vlinders gevonden. Dat was ook de verwachting, omdat literatuur ook aangeeft dat de vlinders snel na het verpoppen paren. Onverwacht zijn op 7 juli nogmaals 3 parende koppels waargenomen. Dit zouden vlinders kunnen zijn die pas later zijn gaan verpoppen. Het verpoppen duurt ongeveer 3 weken (Warren, 1987a), wat zou betekenen dat deze rupsen rond 16 juni zijn gaan verpoppen. Dit is goed mogelijk want de laatste rups is ook op deze datum gevonden. Dit betekent ook dat de eerste vlinder (8 juni) al rond 18 mei is gaan verpoppen. Dit was midden in een periode van relatief veel regen en weinig zonuren (figuur 12).

Op 22 juni is een eierleggend vrouwtje gevonden (figuur 2A). Die legde 60 eitjes aan de onderzijde van een rode bosbesblad op ongeveer 10cm van de grond en bijna direct naast hengel (figuur 2B). Dit is vergelijkbaar met aantallen die genoemd worden door studies van Eliasson & Shaw en Warren (50-100)(2003; 1987a), maar aanzienlijk lager dan gevonden door Bos (80-150)(2006) of Bink (105-215)(1992). Omdat dit de enige gevonden eitjes zijn is de locatie vaker bezocht dan de andere locaties en is op drie verschillende dagen gekeken naar de voortgang van de ontwikkeling. Op dag 10 na het leggen was er nog geen verandering waargenomen aan de eitjes. Op dag 16 waren de eitjes van kleur veranderd (figuur 2C) en tussen dag 16 en

20 zijn de eitjes uitgekomen en zijn bij de dichtsbijzijnde hengelplant 17 rupsjes van de 1e instar gevonden (figuur 2E). Deze rupsjes waren ongeveer 2mm groot en hadden een spinsel gemaakt aan de onderzijde van een blad en op de stengel van de plant (figuur 2D). Alle eitjes zijn waarschijnlijk uitgekomen, omdat verder geen eitjes meer onder het blad gevonden zijn. Op andere hengelplanten in een straal van ongeveer een halve meter zijn verder geen rupsjes aangetroffen. Het kan zijn dat de overige rupsjes verder verplaatst zijn of er zijn hengelplanten over het hoofd gezien tussen de dichte bosbesbegroeiing.

Waar op de Veluwezoom de vlinder verdwenen is, zitten op enkele plekken op het Kroondomein mogelijk nieuwe populaties. Waar op locatie 2b voorheen bijna geen vlinders werden waargenomen, zijn er sinds 2018 steeds meer waarnemingen gedaan (waarneming.nl). Ook in deze studie zijn daar meerdere vlinders waargenomen. Op locatie 2a lijkt de vlinder te zijn teruggekeerd. Daar waren in 2013 voor het laatst meerdere vlinders gezien (waarneming.nl). In 2020 is daar weer een enkele vlinder gezien en in deze studie leken de aantallen groot genoeg (12 individuen) om te concluderen dat er waarschijnlijk ook rupsen hebben gezeten. Hetzelfde geldt voor de corridor die vanaf locatie 7a naar het zuiden loopt. Met name bij locatie 7a is het echter goed mogelijk dat hier niet voldoende waarnemers komen om een betrouwbaar beeld te geven over meerdere jaren, omdat het in verhouding met locatie 2 meer afgelegen ligt. Locatie 2 ligt direct naast een parkeerplaats en is de kans dat iemand waarnemingen doet groter.

Figuur 12. *Vlinderwaarnemingen binnen (rood) en buiten (groen) de plots (Kroondomein en Hendrik Mouwenveld). Waarnemingen zijn opgesplitst om overlap te voorkomen. Schaal 1:100000*

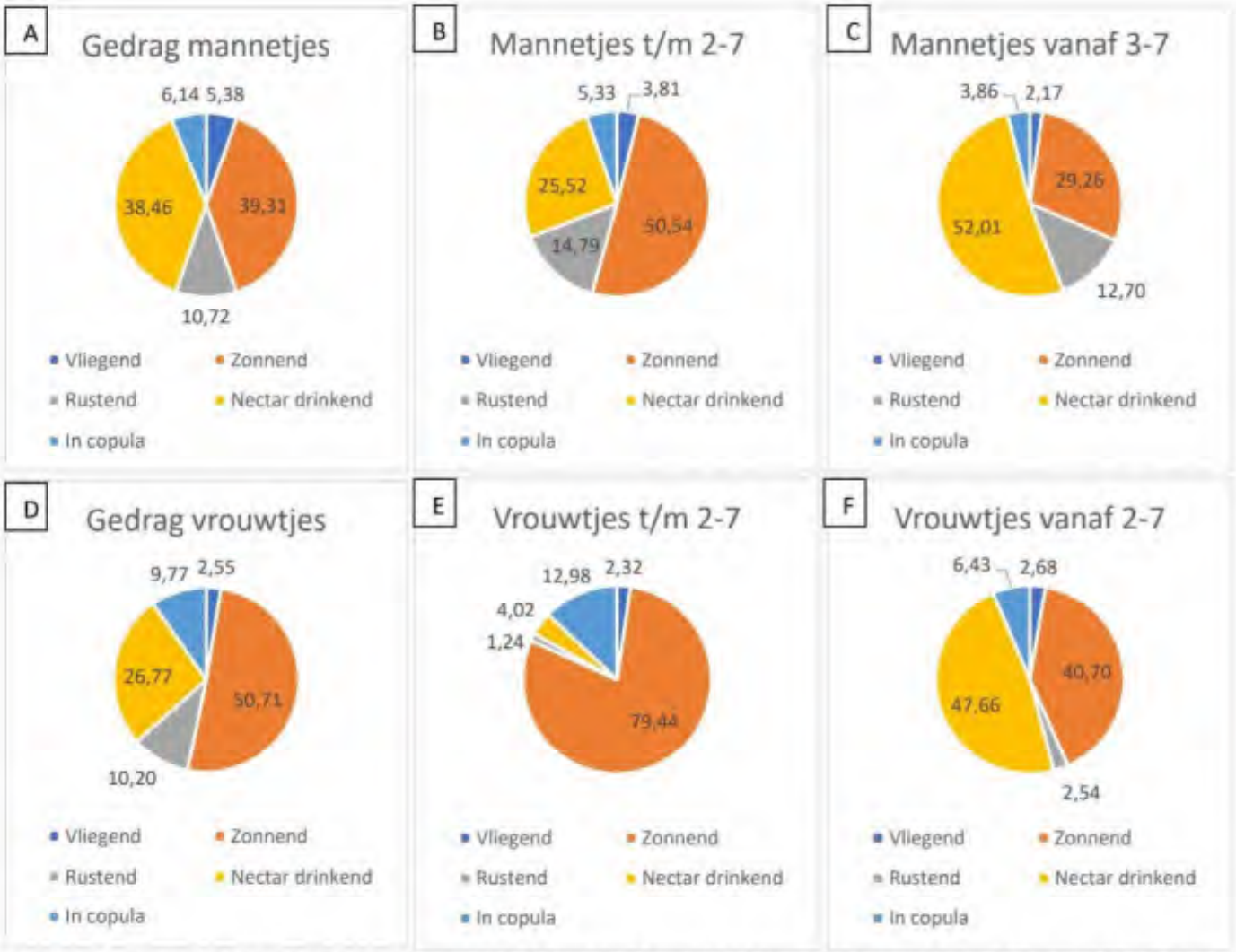
Figuur 13. *Vlinderwaarnemingen binnen (rood) en buiten (groen) de plots (Hoge Veluwe en vliegbasis Deelen). Schaal 1:25000*

4.2.2. Gedrag van de bosparelmoervlinder

Net als bij het onderzoek van Diepeveen (2020) is ook gekeken naar het gedrag van de vlinders. Door het grote aantal vlinders op sommige locaties was het echter niet mogelijk om voor elke individuele vlinder het gedrag en de duur van het gedrag (in seconde) te noteren. Daardoor is het niet mogelijk om alle verzamelde data te gebruiken om verschil tussen mannetjes en vrouwtjes te vinden. Waarnemingen met beide geslachten waarbij niet duidelijk was wat de duur per geslacht is, zijn daarom weggelaten. Met de overgebleven 181 waarnemingen is het percentage gedrag van de totale duur per geslacht bepaald (figuur 16).

Het meest voorkomende gedrag, wanneer alle waarnemingen worden genomen, is zonnend (43,28%) gevolgd door nectar drinken (32,39%). Bij de mannetjes is er een bijna gelijke verdeling in de tijd dat ze zonnen en nectar drinken. De vrouwtjes daarentegen zonnen aanzienlijk meer en foerageren minder. Zoals verwacht vliegen de mannetjes in verhouding meer.

Er is ook gekeken of binnen de gehele vliegperiode ook verschil is, omdat de verwachting is dat vrouwtjes later in de vliegperiode meer vliegen. Daarvoor zijn 181 waarnemingen in tweëen gesplitst in data van 14 juni tot en met 2 juli en data vanaf 2 juli tot 21 juli. Dit omdat het precies halverwege de telperiode ligt. Dan is duidelijk een verandering in gedrag van zowel de mannetjes als vrouwtjes te zien. In de tweede helft van de periode zijn de mannetjes veel vaker nectar drinkend waargenomen (52,01% tegenover 25,52% in eerste helft). Hetzelfde is te zien bij de vrouwtjes. In de eerste helft waren de vrouwtjes voornamelijk aan het zonnen (79,44%) waarbij dit in de tweede helft het bijna gehalveerd is (40,70%) en plaats heeft gemaakt voor nectar drinken (47,66%). Deze toename in nectar drinkende vlinders is voor een groot deel aan de waarnemingen van plot 9a (Hoge Veluwe) toe te schrijven. Op 1 dag zijn daar 58 van de 236 waarnemingen gedaan die bij elkaar ongeveer 37% van de getelde vlinders bevatte. Deze vlinders waren vrijwel allemaal nectar aan het drinken. Dit waren aanzienlijk hogere aantallen dan op andere locaties waren gevonden.



Figuur 14. *Duur van een gedrag als percentage (%) van het totaal. (A) Percentages van totale som van een gedrag (s) van mannelijke en (D) vrouwelijke vlinders. (B) Percentage gedrag van totaal van mannelijke vlinders waargenomen van 14 juni tot en met 2 juli en (C) van 3 juli tot en met 21 juli. (E) Percentage gedrag van waargenomen vrouwelijke vlinders van 14 juni tot en met 2 juli en (F) van 3 juli tot en met 21 juli.*

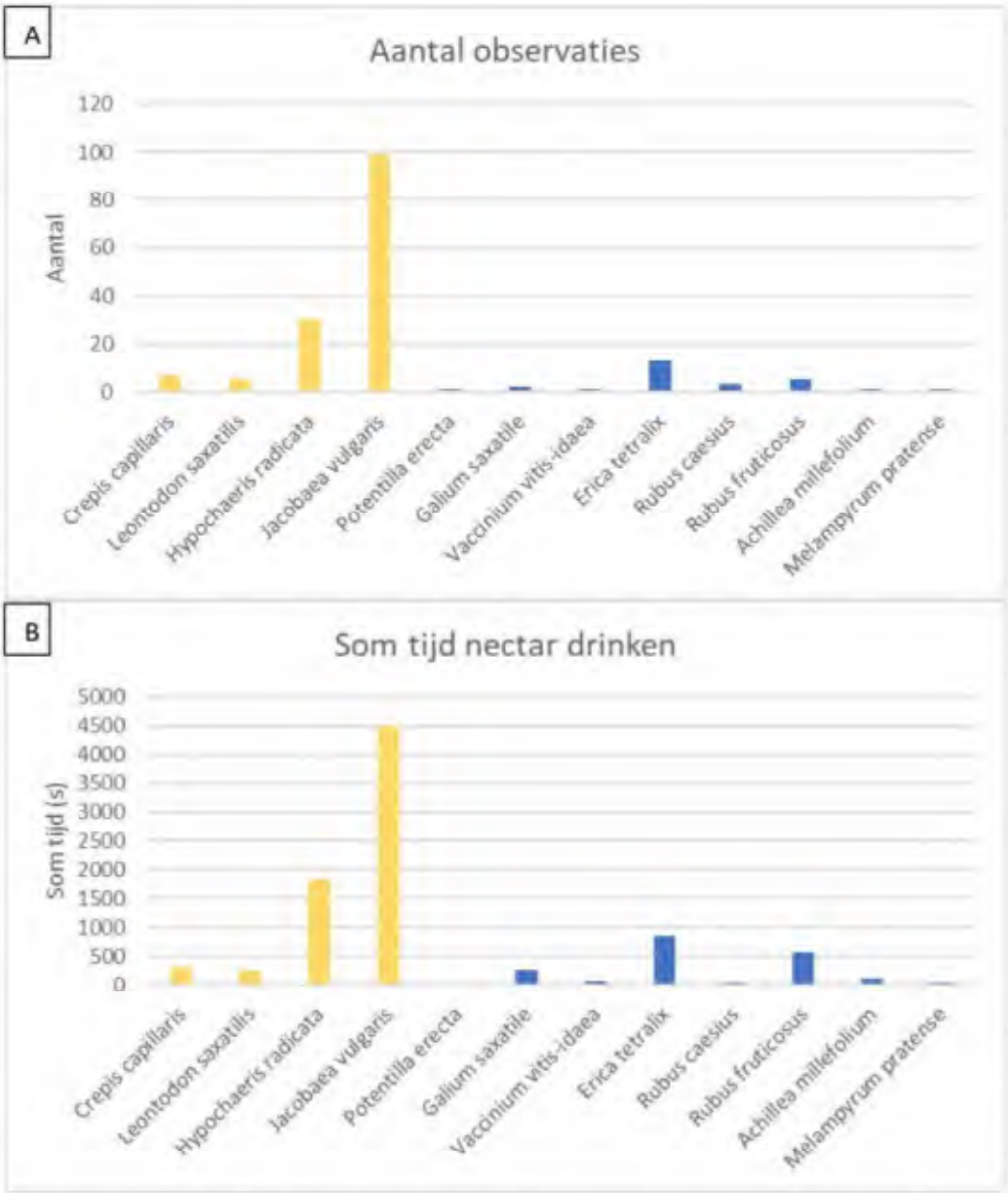
4.2.3. Waardplanten en nectarbronnen van de bosparelmoervlinder

Net als bij Diepeveen (2020) zijn ook bij dit onderzoek meerdere planten gevonden die als nectarbron kunnen dienen naast gele composieten. 168 vlinders zijn naast gewoon biggenkruid (*Hypochaeris radicata*), jakobskruiskruid (*Jacobaea vulgaris*), klein streepzaad (*Crepis capillaris*) en kleine leeuwentand (*Leontodon saxatilis*) (gele composieten) ook foeragerend waargenomen op hengel (Melampyrum pratense), dophei (*Erica tetralix*), rode bosbes (*Vaccinium vitis-idea*), liggend walstro (*Galium saxatile*), gewone braam (*Rubus fruticosus*), dauwbraam (*Rubus caesius*), tormentil (*Potentilla erecta*) en gewoon duizendblad (*Achillea millefolium*) (figuur 17a). Veruit de meeste bezoeken van vlinders zijn op jakobskruiskruid (99 van de 168) en ook de cumulatieve duur van de bezoeken is het hoogst op deze soort (figuur 17B). Verder zijn er ook veel waarnemingen op gewoon biggenkruid (31 van de 168) en dophei (13 van de 168). In tegenstelling tot voorgaand jaar (Diepeveen, 2020), is er maar een enkel bezoek op rode bosbes waargenomen en zijn in verhouding veel minder bezoeken waargenomen op dophei.

Deze waarnemingen zijn voor het grootste deel gemaakt buiten een plot. Dit waren niet per se de dichtsbijzijnde planten bij de plots. De meest voorkomende nectar plant die het dichts bij de plots stond was gewoon biggenkruid (59 van de 84). Bij één plot is uiteindelijk geen nectarplant in de buurt gevonden. Bij de meeste plots was een gele composiet de dichtsbijzijnde nectarplant (73 van de 84).

Er zijn aanzienlijk meer vlinders gevonden buiten de plots dan binnen de plots. Binnen de plots zijn dan ook

maar 4 waarnemingen gedaan van nectar drinkende vlinders. Veel plots waren relatief arm in kruidsoorten en de hoeveelheid bloemen binnen de plots was laag. Bosbes en dophei bloeide wel in de plots, maar de meeste bloemen zijn gevonden op open stukken langs zandwegen. Doordat hengel beter op beschaduwde plekken groeit zijn deze plekken vaak ongeschikt voor hengel.
De enige eitjes die zijn gevonden waren gelegd op rode bosbes. Rode bosbes is echter niet aanwezig in alle plots. In 50 van de 92 plots was zowel rode als blauwe bosbes aanwezig. In 24 plots was alleen blauwe bosbes en in 10 plots alleen rode bosbes aanwezig. Op locatie 9a, waar uiteindelijk verreweg de meeste vlinders zijn gevonden was alleen blauwe bosbes te vinden. De afstand van nectarplant tot de plots is veelal lager dan de gemiddelde vliegafstand van de vlinder (Warren, 1987b). Op 5 plots na bevindt zich een nectarplant binnen 60 meter van een plot.

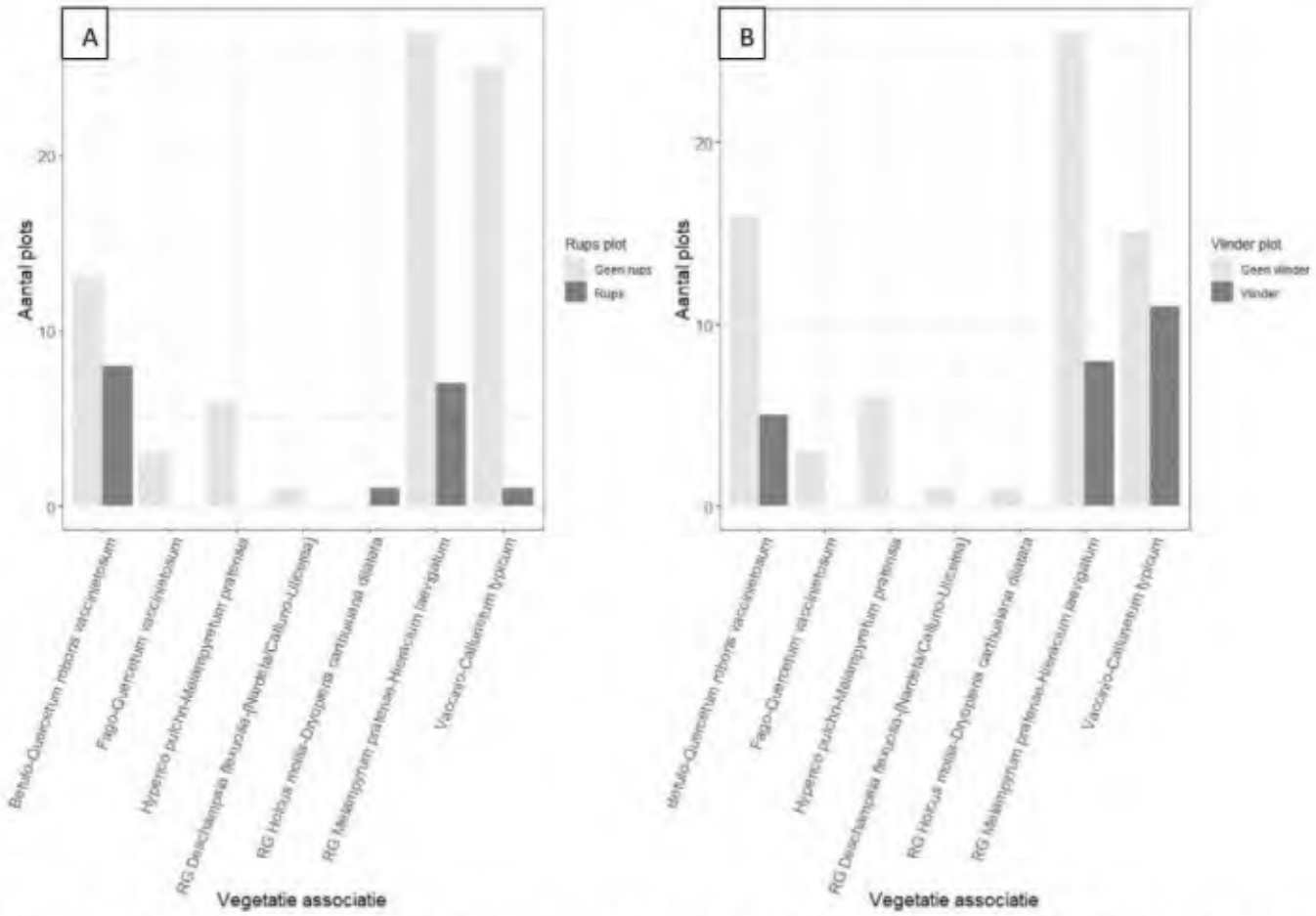


Figuur 15. *Aantal keer dat een vlinder nectar drinkend is waargenomen per plantsoort (A) en de cumulatieve tijd dat de vlinder doorbracht nectar drinkend per plantsoort (B). De gele balken geven de gele composieten aan en de blauwe balken overige soorten.*

4.3. Vegetatie-associaties

Net als bij het onderzoek van Diepeveen (2020) zijn er 7 vegetatie-associaties gevonden, waarvan 4 hetzelfde zijn als in 2020. Het vaakst is de associatie *RG Melampyrum pratense-Hieracium laevigatum* gevonden (34 van de 92 plots) gevolgd door *Vaccinio-Callunetum typicum* (26/92) en *Betulo-Quecetum roboris vaccinietosum* (21/92) (figuur 18). Eén van de meest voorkomende associaties bij Diepeveen (*Leucobryo-Pinetum vaccinietosum*) is niet gevonden in de vegetatieclassificering dit jaar. Zowel rupsen als vlinders zijn het vaakst gezien in *RG Melampyrum pratense-Hieracium laevigatum* en *Betulo-Quecetum roboris vaccinietosum* vegetaties. Er zijn echter aanzienlijk minder rups- dan vlinderwaarnemingen gedaan in *Vaccinio-Callunetum typicum* vegetaties, terwijl de meest vlinderwaarnemingen wel in deze vegetatie-associatie waren (11/24). Er is ook nog een enkele rupswaarneming gedaan in een plot met een *RG Holcus mollis-Dryopteris carthusiana dilatata* vegetatie-associatie, maar daar zijn verder geen vlinderwaarnemingen gedaan. In de 3 meest aanwezige vegetaties, waarin ook de meeste waarnemingen zijn gedaan, speelt de aanwezigheid van bosbes en hengel een belangrijke rol. Ook is zomereik en berk vaak aanwezig. Gemiddeld is het grootste aantal hengel gevonden op de *RG Melampyrum pratense-Hieracium laevigatum* vegetatie (99,9), gevolgd door *Betulo-Quecetum roboris vaccinietosum* (69,7) en *Vaccinio-Callunetum typicum* (45,0) vegetaties.

In de plots op de Veluwezoom zijn twee vegetatie-associaties gevonden, namelijk in vier plots *RG Melampyrum pratense-Hieracium laevigatum* en in 4 plots *Hyperico pulchri-Melampyretum pratensis*. Deze associaties zijn ook binnen de andere plots gevonden.



Figuur 16. *Vegetatie-associaties in plots waarin wel of geen rupsen zijn gevonden (A) en plots waar wel of geen vlinders zijn gevonden (B).*

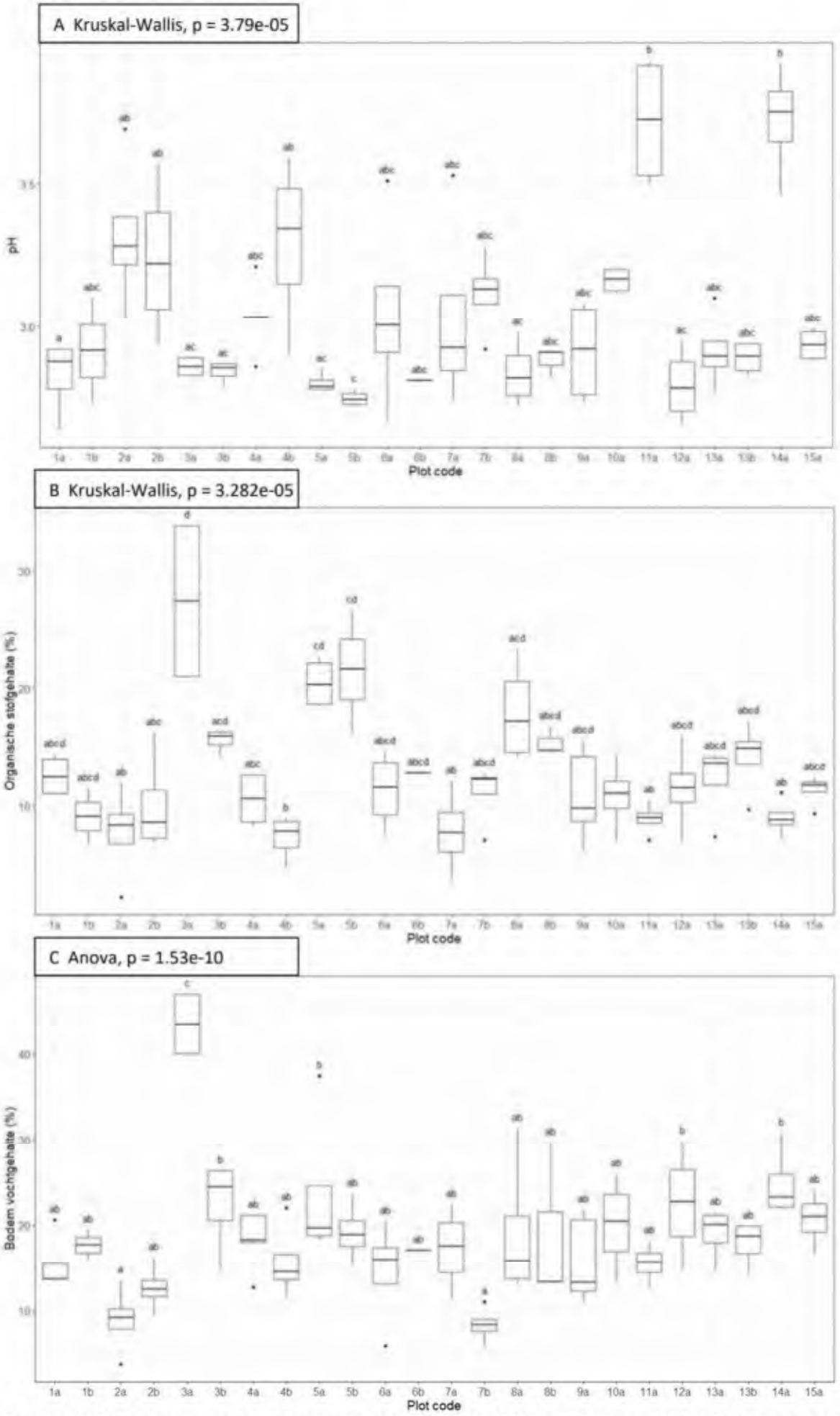
4.4. Bodemcondities per plot

Voor de meeste bodemcondities is een verschil gevonden tussen de locaties (figuur 19,20 & 21). De pH waarde (Kruskal-Wallis chi-squared(23)= 60.08 ,p = 3.79e-05), het percentage organische stof (Kruskal-Wallis chi-squared(23)= 60.456 ,p = 3.282e-05), het vochtgehalte van de bodem (Anova, F(23) = 7.032 ,p = 1.53e-10), de concentratie nitraat (Kruskal-Wallis chi-squared(23)= 77.22 ,p = 8.90e-08), de concentratie ammonium (Kruskal-Wallis chi-squared(23)= 74.136 ,p = 2.75e-07), de concentratie fosfaat (Kruskal-Wallis chi-squared(23)= 62.134 ,p = 1.867e-05) en de concentratie Mg (Kruskal-Wallis chi-squared(23)= 43.112 ,p = 0.0067) verschillen significant. Voor de concentratie Ca is ook een significant verschil tussen de locaties gevonden (Kruskal-Wallis chi-squared(23)= 43.137 ,p = 0.0067), maar een dunn post-hoc test geeft geen significante verschillen tussen individuele locaties aan. Voor de concentratie K (Kruskal-Wallis chi-squared(23)= 33.519 ,p = 0.0724) is geen verschil gevonden tussen de locaties.

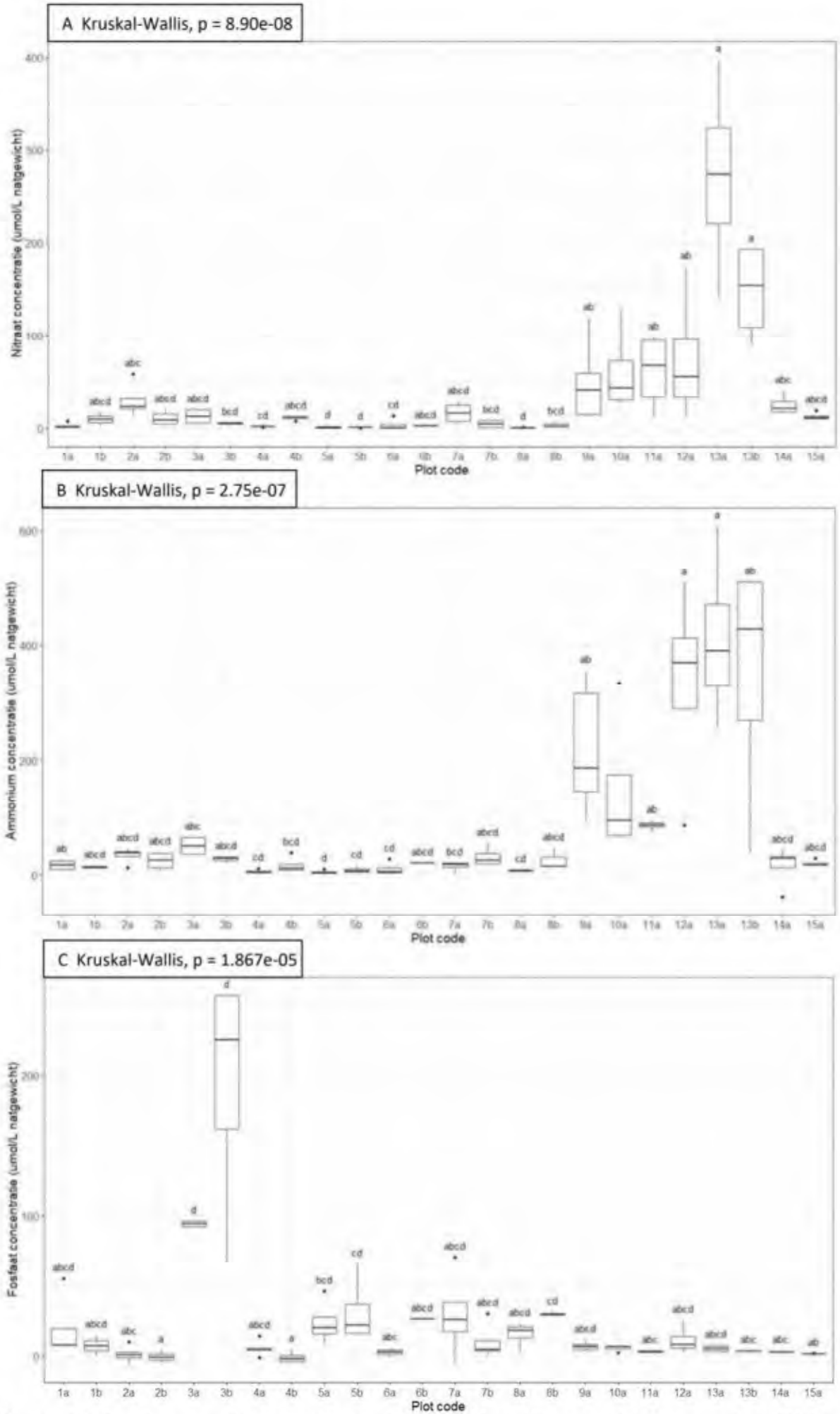
Voor enkele variabelen lijken alle plots van dit jaar (9a t/m 13b) sterk te verschillen van de meting van 2020. De concentraties van nitraat, ammonium, magnesium en calcium liggen aanzienlijk hoger. Het fosfaat lijkt daarentegen gemiddeld lager te liggen. Ook het organische stofgehalte ligt gemiddeld 10% hoger dan de verwachte 6% voor dat type bodem. De waardes van kalium komen wel overeen met de waardes van 2020, maar het is lastig te zeggen of deze dan ook correct zijn. Waarschijnlijk is bij het bemonsteren een deel van de Of-horizont meegekomen, waardoor er teveel aan organisch materiaal is meegenomen in de analyse. Locatie 14 en 15 op de Veluwezoom die later zijn gemeten lijken wel te kloppen, ook al is hier ook sprake van een hoger gehalte organisch stof dan verwacht was.

Wat betreft de pH waardes springen vooral plots 11a en 14a eruit. Op plots 11a is wel een vlinder waargenomen, al is niet zeker of die alleen is komen aanvliegen. Locatie 15a, die net als 14a op de Veluwezoom ligt, heeft wel waardes die gelijk zijn aan de andere plots. Voor zowel de organische stof als het vochtgehalte heeft locatie 3a opvallend hogere waardes. Maar ook de concentraties van kalium en fosfaat zijn op locatie 3 veel hoger dan verwacht kan worden in vergelijking met de andere plots.

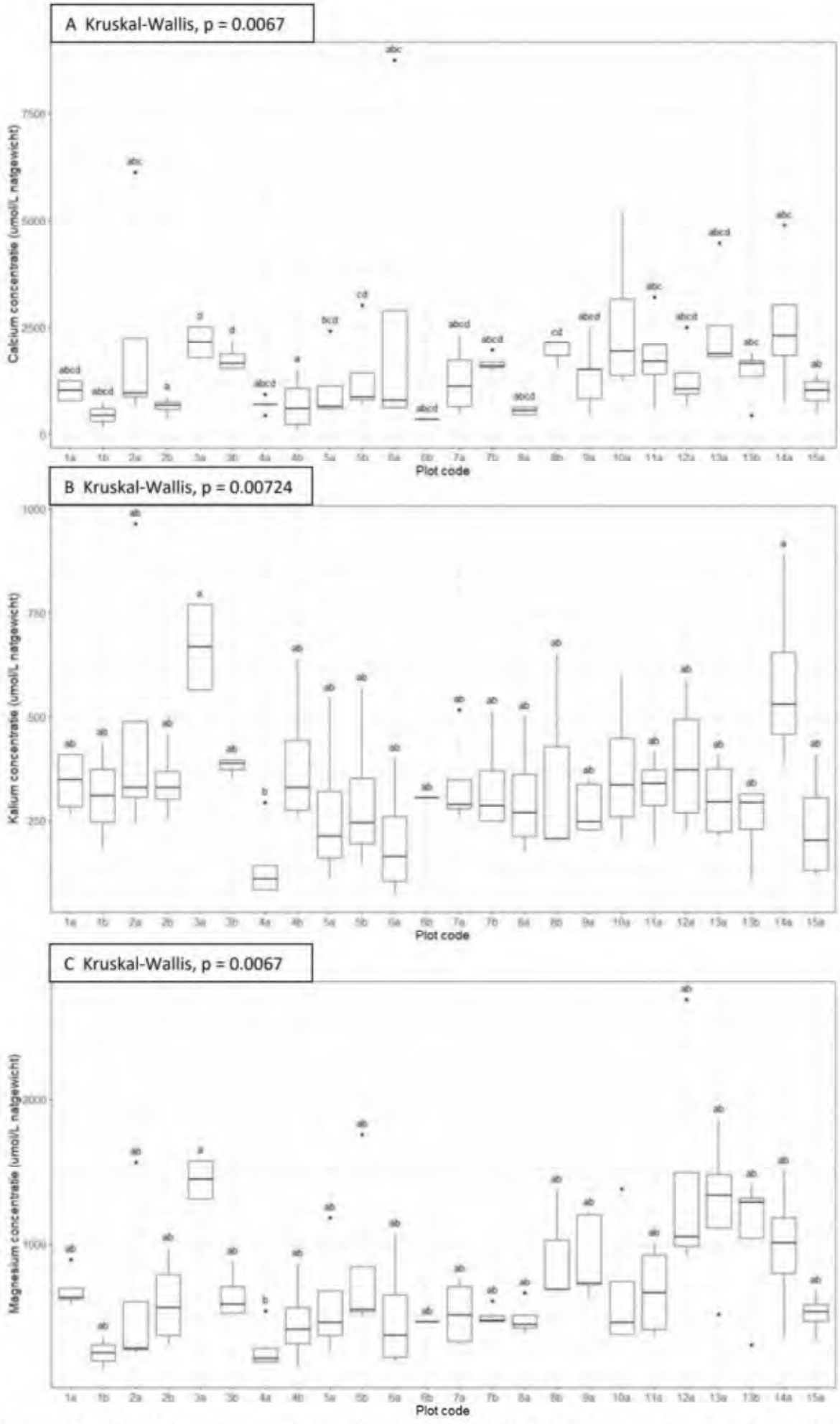
Als de locaties van de Veluwezoom worden vergeleken met de andere locaties dan valt op dat alleen het bodemvochtgehalte van locatie 14 hoger is en dat er verder geen significante verschillen zijn.



Figuur 17. *Boxplots van pH (A), percentage organische stof (B) en vochtgehalte (C) [%] van de bodem op iedere locatie. Waardes komen van 1 t/m 4 plots binnen de locaties. Locatie 14 en 15 zijn locaties op de Veluwezoom in tegenstelling tot de andere locaties op de rest van de Veluwe. De letters geven de significantie aan tussen de locaties op basis van post-hoc testen (Dunn's en Tukey post-hoc testen).*



Figuur 18. *Boxplots van de concentraties nitraat (A) [µmol/L natgewicht], ammonium (B) [µmol/L natgewicht] en fosfaat (C) [%] van de bodem op iedere locatie. Waardes komen van 1 t/m 4 plots binnen de locaties. Locatie 14 en 15 zijn locaties op de Veluwezoom in tegenstelling tot de andere locaties op de rest van de Veluwe. De letters geven de significantie aan tussen de locaties op basis van post-hoc testen (Dunn's en Tukey post-hoc testen).*



Figuur 19. *Boxplots van de concentraties calcium (A) [µmol/L natgewicht], kalium (B) [µmol/L natgewicht] en magnesium (C) [%] van de bodem op iedere locatie. Waardes komen van 1 t/m 4 plots binnen de locaties. Locatie 14 en 15 zijn locaties op de Veluwezoom in tegenstelling tot de andere locaties op de rest van de Veluwe. De letters geven de significantie aan tussen de locaties op basis van post-hoc testen (Dunn's en Tukey post-hoc testen).*

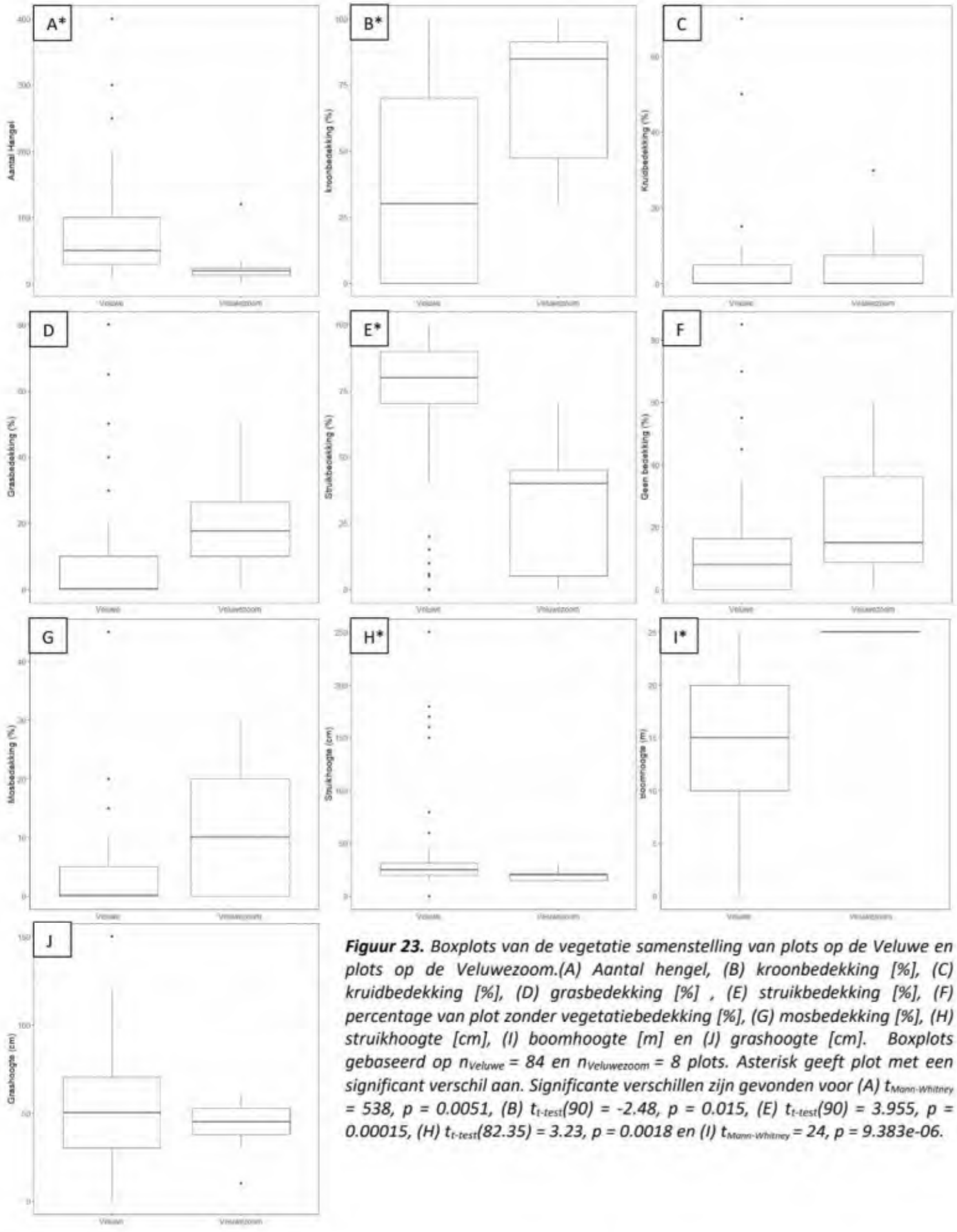
4.5. Vegetaties en bodemcondities Veluwe vergeleken met Veluwezoom

Omdat de plots van 2021 (9a t/m 13b) voor veel outliers zorgen bij de waardes van nutriënten en kationen in de bodem, zijn deze weggelaten en zijn de plots van de Veluwezoom vergeleken met de plots van 2020. Wanneer deze plots samen worden genomen zijn er enkele significante verschillen gevonden in de bodemcondities tussen de 2 locaties. Hierbij zijn voor de Veluwe 59 plots over 8 locaties gebruikt en voor de Veluwezoom 8 plots over 2 locaties. Voor het percentage organische stof ($t_{welch}(36.78) = 3.362$, $p = 0.00182$), het bodemvochtgehalte ($t_{welch}(19.31) = -2.337$, $p = 0.0303$), de nitraat concentratie ($t_{welch}(65) = -3.090$, $p = 0.0029$) en de fosfaat concentratie ($t_{welch}(58.27) = 4.018$, $p = 0.0002$) is een significant verschil gevonden tussen de plots op de Veluwezoom en de plots op het Kroondomein (figuur 22).

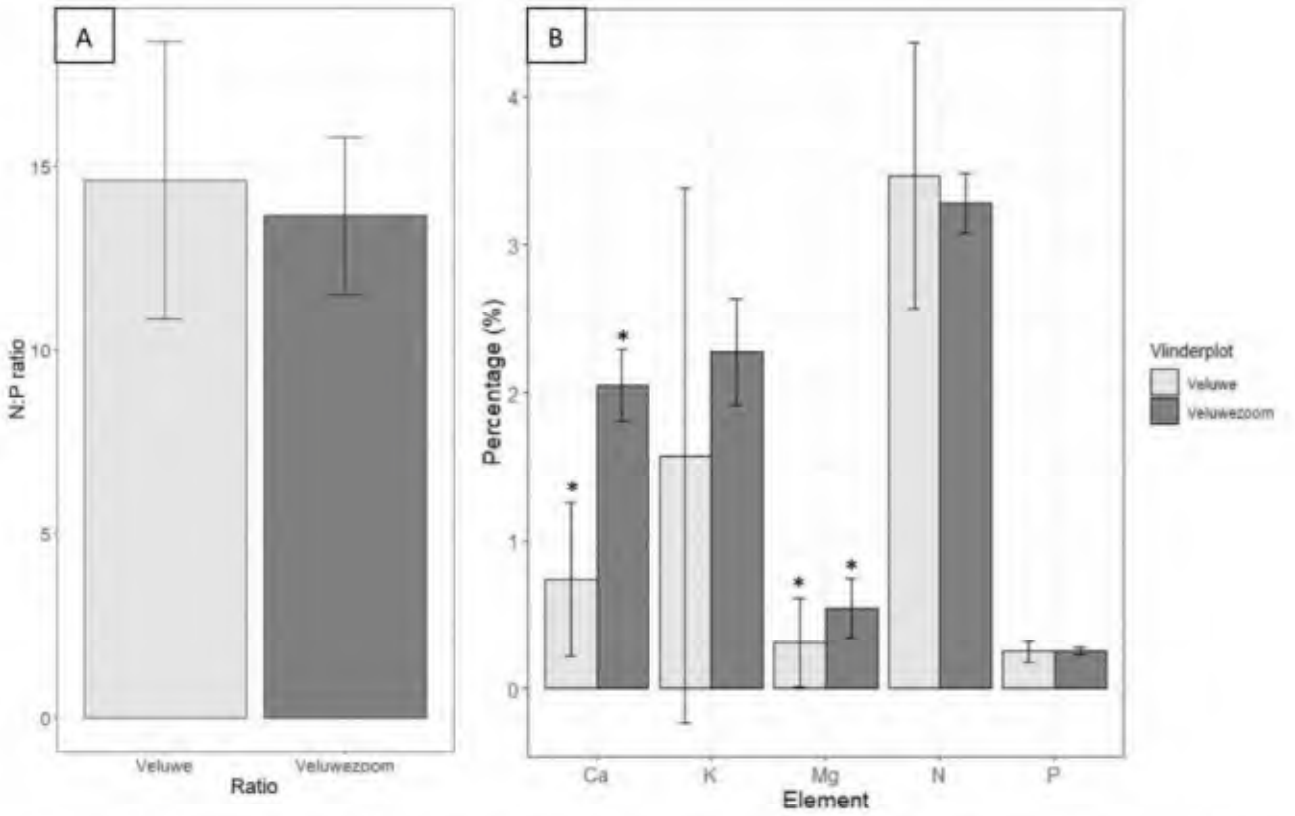
De vegetatie tussen de plots verschilt ook veel (figuur 23). Zo is het aantal hengel duidelijk lager in de plots op de Veluwezoom ($t_{Mann\text{-}Whitney} = 538$, $p = 0.0051$). Voor de verschillende percentages vegetatiebedekking zijn verschillen gevonden in de kroonbedekking ($t_{t\text{-}test}(90) = -2.48$, $p = 0.015$) en de struikbedekking ($t_{t\text{-}test}(90) = 3.955$, $p = 0.00015$). Voor de vegetatiehoogte verschilt de boomhoogte ($t_{Mann\text{-}Whitney} = 24$, $p = 9.383e\text{-}06$) en de struikhoogte ($t_{t\text{-}test}(82.35) = 3.23$, $p = 0.0018$) tussen de plots. Er zijn ook nog zwakke niet significante verschillen gevonden in het percentage bodem zonder bedekking ($t_{t\text{-}test}(90) = -1.765$, $p = 0.0810$) en de grasbedekking ($t_{t\text{-}test}(90) = -1.828$, $p = 0.0708$).

Van de hengelplanten die verzameld zijn in de plots, hebben de planten van de Veluwezoom een significant hoger percentage calcium ($t_{t\text{-}test}(90) = -5.35$, $p = 6.693e\text{-}07$) (figuur 24) en magnesium ($t_{Mann\text{-}Whitney} = 131.5$, $p = 0.0046$). Er is geen verschil gevonden in de ratio stikstof en fosfor.

Figuur 20. *Boxplots van de chemische samenstelling van de bodem in plots op het Kroondomein en plots op de Veluwezoom.(A) Vochtgehalte [%], (B) pH , (C) Organisch stofgehalte [%], (D) fosfaat concentratie [µmol/L natgewicht] , (E) nitraat concentratie [µmol/L natgewicht], (F) ammonium concentratie [µmol/L natgewicht], (G) Kalium concentratie [µmol/L natgewicht], (H) calcium concentratie [µmol/L natgewicht] en (I) Magnesium concentratie [µmol/L natgewicht]. Boxplots gebaseerd op* $n_{Kroondomein} = 59$ *en* $n_{Veluwezoom} = 8$ *plots. Asterisk geeft plot met een significant verschil aan. Significante verschillen zijn gevonden voor (A)* $t_{welch}(19.31) = -2.337$, $p = 0.0303$, *(C)* $t_{welch}(24.111) = 3.163$, $p = 0.0042$, *(D)* $t_{welch}(83.726) = 4.113$, $p = 9.08e\text{-}05$ *en (E)* $t_{welch}(79.99) = 2.175$, $p = 0.0326$.



Figuur 23. *Boxplots van de vegetatie samenstelling van plots op de Veluwe en plots op de Veluwezoom.(A) Aantal hengel, (B) kroonbedekking [%], (C) kruidbedekking [%], (D) grasbedekking [%] , (E) struikbedekking [%], (F) percentage van plot zonder vegetatiebedekking [%], (G) mosbedekking [%], (H) struikhoogte [cm], (I) boomhoogte [m] en (J) grashoogte [cm]. Boxplots gebaseerd op* $n_{Veluwe} = 84$ *en* $n_{Veluwezoom} = 8$ *plots. Asterisk geeft plot met een significant verschil aan. Significante verschillen zijn gevonden voor (A)* $t_{Mann\text{-}Whitney} = 538$, $p = 0.0051$, *(B)* $t_{t\text{-}test}(90) = -2.48$, $p = 0.015$, *(E)* $t_{t\text{-}test}(90) = 3.955$, $p = 0.00015$, *(H)* $t_{t\text{-}test}(82.35) = 3.23$, $p = 0.0018$ *en (I)* $t_{Mann\text{-}Whitney} = 24$, $p = 9.383e\text{-}06$.



Figuur 24. *Ratio N:P (A) en de percentages mineralen (B) in hengel van plots op de Veluwe en de Veluwezoom. Er is een significant verschil in het percentage calcium ($t_{t\text{-}test}(90) = -5.348$, $p = 6.693e\text{-}07$) en het percentage magnesium ($t_{Mann\text{-}Whitney} = 131.5$, $p = 0.0046$).*

5. Discussie

5.1. Bosparelmoerrupsen in het voorjaar

De eerste rupsen zijn eind april waargenomen. Elke rups was ongeveer 10mm groot en op basis van de beschrijving van Wahlberg (2000) waren deze waarschijnlijk aan het begin van het 5e stadium. Op basis van beschrijvingen van Frohawk (1924) zouden deze rupsen al in het 6^e stadium zitten. Op 9 mei zijn op dezelfde locatie nog 2 rupsen gevonden die ongeveer 11 mm groot waren en dus waarschijnlijk ook net uit de diapauze. De rups die op 12 mei is gevonden was in het zesde stadium en deze rups was al wel duidelijk groter dan de andere gevonden rupsen op die datum. Aangezien het 5^e stadium ongeveer 2 weken duurt bij optimaal weer (Frohawk, 1924), is ook deze rups waarschijnlijk niet eerder dan half april uit de diapauze gekomen. Rond half april zijn dan waarschijnlijk ook de meeste rupsen uit de diapauze gekomen.

De hengelplanten die op 16 april zijn gevonden waren nog niet meer dan zaailingen en nog niet in grote aantallen aanwezig. Afgaand op de gemeten grootte van de zaailingen lijken dit de eerste exemplaren van het voorjaar te zijn. De hoeveelheden waren nog aan de lage kant, maar doordat de rupsen tot 15 meter kunnen afleggen (Warren, 1987a) is er waarschijnlijk al voldoende voedsel te vinden. De uiterste data voor het verschijnen van hengel ligt vermoedelijk ook niet meer dan een week eerder dan 16 april. Dit zou dan betekenen dat, in ieder geval dit jaar, er geen sprake is van asynchroniteit tussen hengel en de bosparelmoerrups, zoals wel was geconstateerd bij Diepeveen in 2020.

2021 had in vergelijking met enkele jaren ervoor een relatief nat en koud voorjaar. In 2018, 2019 en 2020 was april warmer dan gemiddeld en ook was de som van het aantal zonuren tot 31 mei van die jaren hoger dan gemiddeld (KNMI, 2021). Diepeveen concludeerde al dat de eerste rupsen tussen 28 maart en 24 april van dat jaar zouden zijn ontwaakt. Als de rupsen bij de eerste warme dagen van het jaar uit de diapauze zouden komen (Warren, 1987a), dan is het goed mogelijk dat bij een warme periode eind maart of begin april

de eerste rupsen tevoorschijn zouden komen. Als hengel ook dat jaar niet eerder dan half april tevoorschijn is gekomen, dan kan er inderdaad sprake zijn geweest van asynchroniteit in 2020 en jaren met een relatief warm en zonnig voorjaar.

5.2. De relatie van trenddata en weersvariabelen

Echter, wanneer naar een mogelijke relatie wordt gezocht tussen het aantal vlinders en het weer in het voorjaar, dan worden geen significante relaties gevonden. Wel is een zwakke niet significante negatieve relatie gevonden in het aantal zonuren in april en het aantal vlinders in het jaar. Ook al is het niet significant, het geeft wel een indicatie dat zonnig weer en indirect ook warmer weer van invloed kunnen zijn op de overleving van de rupsen in het voorjaar. Deze negatieve relatie geeft echter niet aan in welk deel van april de zonuren van belang zijn. De post-diapauze rupsen zijn het grootste gedeelte van de tijd bezig met zonnen en zonniger weer zou dan ook van positieve invloed moeten zijn op de ontwikkeling en overleving. Het lijkt daardoor waarschijnlijk dat zonnig weer in het 1^{e} deel van april niet ten goede komt aan de overleving van de rups.
In een lineair regressie model zijn er meer factoren die van invloed lijken te zijn op het aantal vlinders in een jaar. Neerslag in april is daarin ook van negatieve invloed, wat verwacht kan worden aangezien regen de ontwikkeling van de rupsen kan vertragen (Warren, 1987a). Hetzelfde geldt voor de zonuren en neerslag in mei. Wanneer het ook in mei te slecht weer is (veel regen en weinig zon), vertraagt de ontwikkeling waardoor de vliegtijd later in het seizoen is en de pre-diapauze rupsen minder tijd hebben om te eten. Het model geeft ook een significante positieve relatie aan van de gemiddelde temperatuur in april met het aantal vlinders van een jaar. Wanneer het weer gunstig is in de 2^{e} helft van april, zou dit goed zijn voor de ontwikkeling van de rups en wellicht ook voor de groei van hengel, wat de overlevingskans van de rupsen zou kunnen vergroten.

5.3. De relatie tussen rupswaarnemingen en weersvariabelen

Zoals eerder genoemd was het voorjaar relatief koud en nat. Zowel april als mei hadden een gemiddelde temperatuur die meer dan 2°C onder normaal lag. Ook de nachtvorst was tot eind april niet ongewoon. Deze 'slechte' weersomstandigheden hebben waarschijnlijk de ontwikkeling van de post-diapauze rupsen vertraagt. Een sterk lineair verband is gevonden tussen de grootte van de rups en de datum. De groei lijkt echter iets sterker toe te nemen wanneer het eind mei zonniger en warmer wordt. Dit effect is vooral te zien wanneer de weersvariabelen tegen de dag van het verschijnen van de eerste vlinder wordt gezet. Hierin is een significante relatie gevonden in de som van de zonuren en neerslagtekort tot begin juni. Dit betekent dat meer zon en een hogere gemiddelde temperatuur in april zorgen voor een snellere ontwikkeling van de rups. Deze snellere ontwikkeling wordt veroorzaakt doordat het zonnen de lichaamstemperatuur van de rups verhoogt en de vertering bevordert (Eeles, 2021).
De rupsen zijn verder alleen etend waargenomen bij temperaturen boven de 20°C. Warren (1987) meldde al dat de rupsen aten wanneer het warm genoeg was, maar gaf daarbij geen concrete waarde. Een temperatuur rond de 20°C en zonnig weer zijn dus nodig voor de rupsen om actief te gaan eten. De maanden april en mei kenden echter maar 4 dagen waarbij de temperatuur boven de 20°C kwam, terwijl de rupsen in die tijd wel groeien. Waarschijnlijk zullen de rupsen ook bij lagere temperaturen eten, mits het zonnig genoeg is.

5.4. Hengel en andere waardplanten in het voorjaar

Met de eerste hengelplanten op 16 april neemt de hoeveelheid voedsel voor de rupsen in de weken erna langzaam toe. Waar bij de eerste waarneming op sommige locaties de hoeveelheid hengel nog niet voldoende leek om veel rupsen te voeden, was dat bij het tweede bezoek vaak wel het geval. De rupsen zijn dan ook veel vaker gevonden in locaties waar grote hoeveelheden hengel stonden. De grootte van hengel varieerde sterk tussen, maar ook binnen de plots wat het gevolg zou kunnen zijn van het niet vinden van een geschikte waardplant om op te parasiteren (Smith, 1963). Dit is ook de reden waarom in sommige plots de kleur rood-paarsig was in plaats van groen. De planten waren vaak ook kleiner en de meeste bloeide uiteindelijk niet. Deze hengelplanten lijken dan ook niet of minder geschikt voor de rups, omdat geen rupswaarnemingen op deze hengelplanten zijn gedaan.

Met uitzondering van één locatie is al het hengel tussen of in de buurt van een bosbessoort gevonden. Dat is te verwachten aangezien hengel parasiteert op bosbes. De uitzondering is op vliegveld Deelen, daar stond de hengel in dichte groepen bij elkaar los van andere planten. Deze hengelplanten parasiteerden waarschijnlijk geheel op eik. Ondanks de grote hoeveelheden hengel waren hier geen rups- of vlinderwaarnemingen gedaan. Dit is waarschijnlijk omdat dit gebied ongeschikt is door het gebrek aan bosbes of andere planten waar eitjes op gelegd kunnen worden.
De potentiële waardplanten waarop de bosparelmoervlinder zou kunnen zitten zijn maar op enkele locaties aangetroffen. Ereprijs soorten zijn in hun geheel niet aangetroffen en smalle weegbree maar op een enkele locatie. Vingerhoedskruid is daarentegen wel op of in de buurt van veel locaties aangetroffen. Deze planten stonden veelal echter niet binnen de locaties, maar wel op afstanden die overbrugt kunnen worden door de vlinders. Van de potentiële waardplanten lijkt alleen vingerhoedskruid een mogelijk geschikte waardplant te zijn. Vooral bij de locatie 9 op de Hoge Veluwe zijn grote aantallen gevonden. Daar is meerdere malen gezocht naar rupsen op de planten, maar die zijn niet gevonden. Later in het seizoen zijn hier ook de vlinders geobserveerd, maar ook die kwamen niet in de buurt en waren vooral aan het foerageren op de gele composieten in de buurt. Van de 3 waarnemingen van rupsen van de afgelopen 30 jaar, was één waarneming op vingerhoedskruid. Op deze locatie zijn dit jaar maar enkele hengelplanten gevonden. Het is waarschijnlijk wel mogelijk dat de rupsen gebruik kunnen maken van vingerhoedskruid, maar zolang er voldoende hengel aanwezig is zal dit niet de voorkeur hebben (Warren, 1987a). Warren laat ook zien dat rupsen een tragere ontwikkeling hadden als ze uitsluitend van vingerhoedskruid aten. Voor de smalle weegbree en ereprijs lijkt het zeer onwaarschijnlijk dat ze als voedsel dienen voor de rupsen in Nederland. Dit komt vooral doordat deze soorten vrijwel niet aanwezig zijn.
Met uitzondering van locatie 5a, was op elke locatie vraat gevonden. Omdat binnen dit habitat in Nederland alleen de bosparelmoervlinder hengel als waardplant heeft, is het waarschijnlijk dat de rupsen op al die locaties gezeten hebben. Het is goed mogelijk dat op de meeste locaties maar enkele individuen hebben gezeten en dat ze daardoor moeilijk te vinden waren of dat ze al verplaatst waren naar een nieuwe locatie. Maar het kan ook niet worden uitgesloten dat er toch andere soorten zijn die ook hengel kunnen eten, maar die zijn niet gevonden. Wel zijn er vaak mieren aangetroffen op hengel, wat verwacht kan worden omdat hengel zich kan verspreiden met behulp van mieren (Winkler & Heinken, 2007). Er zijn ook vraatsporen op vingerhoedskruid gevonden, maar het was onmogelijk om te bepalen welke soorten hiervoor verantwoordelijk waren.

5.5. Vlinderwaarnemingen en gedrag

De eerste vlinder was waargenomen op 8 juni, wat eerder was dan verwacht op basis van de gevonden rupsen, maar door het slechte voorjaar zoals verwacht wel later dan voorgaande jaren. Op dezelfde datum zijn ook nog rupsen gevonden. Met het wisselvallige weer van april zijn de rupsen in verschillende periodes uit de diapauze gekomen en, afhankelijk van de tijd dat ze kunnen eten en zonnen, hebben de rupsen verschillende groeisnelheden (Eliasson & Shaw, 2003) wat zorgt voor de verschillen in vliegtijd. Er is ook nog de mogelijkheid dat de rupsen overwinteren in een later stadium wat een voorsprong kan geven in het voorjaar (Eliasson & Shaw, 2003). Er was een duidelijke piek in het aantal vlinders rond half juni. Deze vlinders zijn hoogstwaarschijnlijk gaan verpoppen na de warme, zonnige week eind mei waarin ze veel actiever konden zijn en sneller konden ontwikkelen. Na ongeveer 2 weken als pop konden ze dan rond half juni uitvliegen.
Verreweg de meeste vlinders zijn waargenomen buiten een plot. Dit is waarschijnlijk te verklaren doordat een vlinder binnen een plot komt om eitjes te leggen of omdat ze daar rusten of zonnen. Uiteindelijk zijn maar 3 individuen binnen een plot nectar drinkend waargenomen en de rest was of aan het zonnen of kwam kort voorbij vliegen. Buiten de plots zijn ze vooral zonnend en nectar drinkend waargenomen. In de eerste dagen na het verpoppen zullen de vlinders druk opzoek zijn naar een partner (Warren, 1987b). De rest van de tijd zullen ze waarschijnlijk gebruiken om nectar te zoeken (Warren, 1987b). Wanneer het niet zonnig of warm genoeg is zullen ze meer zonnen of rusten. Een combinatie van dit gedrag zorgt er waarschijnlijk voor dat maar weinig vlinders binnen de plots worden waargenomen. Omdat de vegetatie binnen de plots veelal

uit hengel en bosbes bestond en er maar weinig kruiden en bloemen waren zullen veel vlinders niet gauw nectar zoeken in de plots. Dat is ook waarom zoveel vlinders nectar drinkend zijn waargenomen buiten de plots.
In de eerste helft van de vlindertelling is het merendeel van de vlinders, zowel mannetjes als vrouwtjes, zonnend waargenomen. In de tweede helft zijn duidelijk meer vlinders nectar drinkend waargenomen. Het grootste gedeelte van de tijd dat een vlinder zonnend of rustend is waargenomen was tijdens bewolkte dagen, wat ook te verwachten is omdat ze dan niet voldoende of minder snel kunnen opwarmen. Op zonnige dagen zullen ze de tijd gebruiken om nectar te zoeken. Dat de vrouwtjes in verhouding in het eerste deel meer zonnend zijn waargenomen was ook zoals verwacht aangezien ze de eerste weken nog eitjes bij zich dragen en daardoor te zwaar zijn om grote afstanden te vliegen (Warren, 1987b). De verwachting was dat de mannetjes actiever zouden zijn tijdens de gehele meetperiode, maar deze blijken in de eerste helft veel te zonnen. Dit komt doordat er relatief veel bewolkte dagen waren en omdat de duur van het gedrag binnen een plot ook is meegerekend. Hierdoor zijn een aantal vlinders meegerekend die meer dan 5 minuten en soms zelfs de volle 10 minuten in een plot zaten te zonnen, terwijl vliegende exemplaren regelmatig kort voorbij kwamen vliegen.

5.6. Nectar- en waardplanten van de imago's

Bij dit onderzoek is gebleken dat de vlinders van meerdere soorten nectarplanten gebruik kunnen maken. Diepeveen (2020) constateerde al dat de rol van gele composieten twijfelachtig is. In dat onderzoek werd dophei als tweede belangrijke nectarbron gezien. Ook bij dit onderzoek bleek dophei een belangrijke nectarbron, maar ook braam soorten blijken goede nectarbronnen te zijn. Diepeveen (2020) stelt dat de gele composieten kunnen dienen als herkenningspunt in de omgeving voor de foeragerende vlinders. Dit is echter niet duidelijk naar voren gekomen. De gele composieten lijken daarentegen wel belangrijk te zijn voor de connectiviteit tussen de gebieden omdat veel vlinders zijn waargenomen op de gele composieten langs wegen tussen de heidegebieden. De corridors op het Kroondomein, met veel bosbes, hengel en gele composieten, lijken dan ook de verspreiding en voortplanting van de vlinder ten goede te komen (bijlage E). Vergelijkbare vegetatiestructuren zijn ook gevonden bij het onderzoek van Kurze & Kurze (2009). Een vervolgonderzoek wordt dan ook aangeraden waarbij in meer detail wordt gekeken naar de structuur en rol van corridors voor de bosparelmoervlinder.
De keuze van een nectarbron lijkt vooral af te hangen van de aanwezige soorten in de omgeving. Vaak waren er maar enkele soorten aanwezig en waren combinaties van gele composieten met andere nectarbronnen zeldzaam. Wanneer een combinatie wel aanwezig was leek de voorkeur uit te gaan naar de gele composieten. Op bijvoorbeeld de Hoge Veluwe locatie waren duidelijk gele composieten en dophei aanwezig, maar zijn geen vlinders nectar drinkend op dophei gevonden. Hierbij kan het zijn dat het jakobskruiskruid beter zichtbaar was, maar ook op het lager groeiende biggenkruid zijn nectar drinkende vlinders aangetroffen. Tijdens dit onderzoek is uiteindelijk één eierleggend vrouwtje gevonden. Dit vrouwtje legde de eitjes aan de onderzijde van een rode bosbes blad. Dit was direct naast een hengelplant. Op deze locatie was in verhouding veel meer blauwe bosbes te vinden. Ondanks dat is het wel aannemelijk dat de vlinders ook de eitjes op blauwe bosbes leggen. Op de Hoge Veluwe locatie zijn de meeste vlinderwaarnemingen gedaan, maar is geen rode bosbes aangetroffen. Ook op het Hendrik Mouwenveld was op de meeste plots alleen blauwe bosbes te vinden. Op beide locaties zijn wel rupsen gevonden. De vlinders leggen 60 tot 215 eitjes en de keuze voor waardplant is ogenschijnlijk gebaseerd op planten waarop de makkelijker is om eitjes te leggen (Warren, 1987a), al is niet duidelijk wat de exacte criteria daarvoor zijn. Eitjes worden vaker op een plant in de buurt gelegd dan op de waardplant zelf (Warren, 1987a). Als dit het geval is, dan is de kans klein dat rupsen kunnen worden gevonden op locatie 10a, omdat daar geen bosbes of andere plant in de buurt van de hengel groeit. Hetzelfde geldt ook voor locatie 11a, al zijn daar binnen enkele meters van de grote aantallen hengel wel andere planten te vinden, maar ook daar ontbreekt bosbes.

5.7. Vegetatie van de Veluwe en de Veluwezoom

De vegetatie-associaties die gevonden zijn in de plots op de Veluwezoom zijn ook gevonden in de plots op de rest van de Veluwe. Alleen zijn in de plots met *Hyperico pulchri-Melampyretum pratensis* geen vlinders waargenomen, ook niet in de plots op de Veluwe. Voor deze vegetatie-associatie is het dan mogelijk dat het niet geschikt is voor de bosparelmoervlinder. Echter zijn in het onderzoek van Diepeveen (2020) wel vlinders waargenomen binnen deze associatie. De hoeveelheid gevonden rupsen op de *Vaccinio-Callunetum typicum* vegetatie was lager dan verwacht, aangezien deze vegetatie in een groot deel van de plots aanwezig was en ook al eerder is beschreven als een belangrijk habitat voor de bosparelmoervlinder (Bijlsma et al., 2008). Ook Diepeveen (2020) had veel vlinders waargenomen binnen deze vegetatie. Een in verhouding laag aantal hengelplanten in deze vegetatie zou hiervan de reden kunnen zijn. De vegetatie-associatie lijkt dan ook minder belangrijk te zijn voor de keuze van de vlinder om zich te nestelen in een plot.

Vegetatie bedekking en de aanwezigheid van hengel lijken wel een belangrijke rol te spelen. Net als de plots op de Veluwe waar geen rupsen zijn gevonden, is bij de plots op de Veluwezoom een significant lagere hoeveelheid hengel gevonden. Ook de kroon- en struikbedekking verschillen significant. De kroonbedekking is op de Veluwezoom hoger en dat is ook te verwachten. De vlinders vliegen voornamelijk op de zonnige plekken en ook de rupsen hebben in het voorjaar veel zon nodig. De eitjes worden dan ook voornamelijk in de buurt van zonnige locaties gelegd (Bos, 2006). Locaties met een hoge kroonbedekking en dus veel schaduw zijn dan ook minder geschikt. De struikbedekking op de meeste plots bestaat voor het grootste deel uit bosbes, zowel rode als blauwe. Een kleinere bedekking van bosbes om eitjes op te leggen en bescherming te bieden zou ook het verschil kunnen verklaren waarom er geen vlinders meer zijn op de Veluwezoom. Als laatste is er ook een significant verschil gevonden in de struik en boomhoogte. De negatieve relatie van struikhoogte op het voorkomen van de vlinder is ook gevonden door Diepeveen (2020). Aangezien de struiken in de meeste plots voornamelijk bestaan uit bosbes, lijkt de hoogte van bosbes dus uit te maken. Hogere bosbesplanten bieden wellicht meer en betere bescherming voor de rups. Het eierleggend vrouwtje dat was waargenomen in dit onderzoek legde de eitjes op ongeveer 10 cm hoogte van de grond vergelijkbaar met waarnemingen in een andere studie (Warren, 1987a). De gemiddelde hoogte van de struiken ligt rond de 30 tot 40 cm. De eitjes worden dus redelijk diep in de vegetatie gelegd. Hier zijn de eitjes waarschijnlijk minder vatbaar voor weersomstandigheden en predatie. Een recente studie vindt echter dat een vegetatie lager dan 20cm belangrijk is voor de vlinder en er wordt geen effect van hoogte tussen de 20cm en 1 meter gevonden (de Vries et al., 2021). Die studie was echter gebaseerd op vlinderwaarnemingen van transecten waar in deze studie daadwerkelijk de rupsen zijn gevonden. Op het Kroondomein, maar ook voor een goed deel op de Hoge Veluwe, zijn de waarnemingen van de vlinders die in deze studie zijn gedaan niet gevallen binnen een vlindertransect. Wellicht zijn daardoor andere vegetaties als belangrijker beschouwd dan in deze studie zijn gevonden. De boomhoogte verschilt wel significant bij de Veluwezoom, maar op basis van de rupswaarnemingen is dit waarschijnlijk niet relevant voor het voorkomen van de rups. Hogere en oudere bomen zorgen voor meer schaduw (Vliegenthart, 2011), wat ongunstig is voor de vlinders en rupsen. Dit is ook weer indirect gerelateerd aan de kroonbedekking.

Wat verder opviel op de Veluwezoom is dat plot 14a dichter bebost is en er geen sprake leek te zijn van houtkap of begrazing, terwijl op bijvoorbeeld het Kroondomein de hengel veelal was gevonden op locaties in corridors of langs heide, die beheerd worden om het open te houden (Kroondomein Het Loo, 2020). Op locatie 15a was een deel van de hengel dieper in het bos gevonden, waar ook weinig bosbes groeide. Ook op het Hendrik Mouwenveld en de Hoge Veluwe lijkt het open houden van de bosrand belangrijk te zijn voor de groei van de bosbes en daarmee het behoud van hengel en de bosparelmoervlinder. Het dicht groeien van het bos en een gebrek aan bosbes en daarmee hengel heeft mogelijk kunnen leiden tot een afname van de vlinder op de Veluwezoom wat in combinatie met warm voorjaar verder heeft kunnen leiden tot de complete verdwijning van de bosparelmoervlinder op deze locaties. Beheervormen zoals hakhoutbeheer zijn dan ook goede en bewezen manieren om het gebied open en geschikt te houden voor de bosparelmoervlinder (Vliegenthart, 2011).

5.8. Bodemcondities van de Veluwe en de Veluwezoom

De hoge waardes van nitraat, ammonium, calcium en magnesium zijn waarschijnlijk het gevolg van fouten in het bemonsteren, waarbij waarschijnlijk een deel van de Of-horizont is meegenomen waardoor niet alleen de minerale laag is bemonsterd. Locatie 13 zou vergelijkbaar moeten zijn met locatie 1a of 8b, wat dus niet het geval is. Plots 9a tot en met 13b bevatten zeer zeker foutieve waardes. Waardes van plot 14a en 15a lijken wel te kloppen, maar is er geen verschil gevonden met de overige plots. Het is aannemelijk dat de bodemcondities dan niet de belangrijkste factor vormen voor het voorkomen van de bosparelmoervlinder, maar een nieuwe bemonstering van de plots wordt aangeraden.

Wel is nog gekeken naar de verschillen tussen de Veluwezoom en de waardes van het Kroondomein van 2020. Het organisch stofgehalte van de bodem is significant lager op de Veluwezoom, maar nog steeds hoger dan verwacht kan worden van de bodem (Louis Bolk Instituut, 2019). Dit betekent dat ook in het onderzoek van 2020 waarschijnlijk een fout in de bemonstering is gemaakt, waarbij een deel van het Of-horizont is meegenomen. Wellicht hebben de plots ook op voormalige akkers gestaan, maar dat is op historische kaarten vanaf 1800 niet te zien (Kadaster, z.d.). Een hogere nitraat concentratie was gevonden op de Veluwezoom, maar doordat nitraat een positief effect heeft op de N:P ratio in hengel en daarmee de groei (Diepeveen, 2020), zou verwacht worden dat de nitraat concentratie lager zou zijn. De concentratie nitraat zal dan ook minder van belang zijn als er een lage hoeveelheid hengel te vinden is voor de vlinder.

Zowel het percentage calcium als het percentage magnesium in hengel is significant hoger op de Veluwezoom. Calcium is een essentieel element voor de groei van planten, maar te hoge concentraties in de plant en de bodem zouden mogelijk schadelijk kunnen zijn (Burstrom, 1968). Echter is een lagere concentratie calcium gevonden in de bodem van de Veluwezoom. Calcium is wel belangrijk voor de groei van hengel en te lage concentraties hebben ook negatieve effecten op de groei (Harris, 2019). Waarom de planten in verhouding zoveel calcium opnemen is onbekend, maar het aantal hengelplanten op de Veluwezoom is laag en mogelijk helpt deze hoge concentratie calcium bij de groei.

5.9. Belangrijke verschillen met 2020

In vergelijking met vorig jaar zijn er dit jaar aanzienlijk meer vlinders waargenomen. Zelfs wanneer de grote aantallen van de Hoge Veluwe niet worden meegeteld zijn er alsnog bijna twee keer zoveel vlinders gezien. Binnen de plots zijn vergelijkbare hoeveelheden gevonden, terwijl buiten de plots vijf keer zoveel vlinders zijn gevonden. Hierbij is het niet duidelijk in hoeverre er in 2020 aandacht is besteed aan vlinders buiten het plot. Bij het onderzoek van Diepeveen is buiten het plot wel langer gekeken naar individuele vlinders om het gedrag te observeren. Verder is niet bekend of de vlinders buiten het plot alleen in de buurt van de plots zijn waargenomen of ook de vlinders die onderweg zijn waargenomen zijn meegeteld, zoals wel tijdens dit onderzoek is gedaan. Het relatief natte voorjaar in vergelijking met vorig jaar heeft mogelijk positieve effecten gehad op de groei van bosbes en hengel, wat vervolgens gunstig zou kunnen zijn geweest voor de overleving van de rupsen. De maand april was in 2020 ook warmer dan normaal en had, met 22 dagen waarbij de temperatuur boven de 12°C kwam, ook relatief veel dagen met gunstig weer. Hierdoor zou sprake van asynchroniteit kunnen zijn, zoals Diepeveen (2020) ook al had geconstateerd. Bij elkaar zou dit kunnen hebben geleid tot het grote verschil in aantallen tussen de jaren, maar daarvoor moet ook de trenddata van 2020 vergeleken worden als deze beschikbaar komen.

Er is waarschijnlijk sprake van een waarnemer bias tussen dit onderzoek en het onderzoek van Diepeveen (2020). Beide onderzoeken zijn bijna geheel uitgevoerd door één persoon. Omdat er verder ook geen overleg is geweest over de details voor het waarnemen van zowel vlinders als vegetatie, is de kans groot dat de plots op basis van verschillende criteria worden gekozen en bekeken. Zoals bijlage D laat zien kunnen er grote verschillen zijn tussen de plots. Met name bij de grasbedekking, kruidbedekking en het percentage mos zijn de verschillen meer dan twee keer zo groot. Dit is waarschijnlijk ook de reden dat één van de meest aanwezige vegetatie-associaties bij Diepeveen (2020) niet gevonden is in dit onderzoek. De vegetatie-associatie die daarentegen wel is waargenomen valt ook in een geheel andere groep. Verschillen in het beoordelen van de bedekking per laag en het gebruik van een andere methode zorgt waarschijnlijk voor het verschil wanneer het wordt ingevoerd in SynBioSys.

Gemene Oranje Roest

Op een groot deel van de hengelplanten in vrijwel alle locaties was een schimmel aangetroffen. Dit was in alle gevallen waarschijnlijk Gemene Oranje Roest (*Coleosporium tussilaginis*). Met name in juli leek het erop dat de zwaarst geïnfecteerde planten eerder dood zijn gegaan nog voordat de rupsen uit het eerste stadium zijn. Dit zou kunnen zorgen voor afnamen in voedsel-beschikbaarheid voor de rups. Wellicht is het mogelijk dat de rupsen ook minder geïnfecteerde planten links laten liggen, wat voor een nog grotere afname zou kunnen zorgen. In dit onderzoek is echter niet gemeten in hoeverre een locatie en welk deel van de planten geïnfecteerd was. Ik raad dan ook aan om in een eventueel vervolgonderzoek hier aandacht aan te besteden.

6. Conclusies & aanbevelingen

1. In het jaar 2021 is geen sprake geweest van asynchroniteit tussen het opkomen van hengel en de rupsen in het voorjaar. Het is echter mogelijk dat asynchroniteit optreedt wanneer de eerste weken van april, met temperaturen boven de 12°C, al warm en zonnig zijn.
2. Regenachtig en bewolkt weer in het voorjaar vertragen de ontwikkeling van de rups. Het aantal zonuren in april zou gedeeltelijk bepalend kunnen zijn voor de overleving van de rups en daarmee het aantal vlinders dat wordt waargenomen in een jaar.
3. Hengel lijkt vooralsnog de enige waardplant van de bosparelmoerrups te zijn, maar mogelijk kunnen ze ook gebruik maken van vingerhoedskruid.
4. Een grote hoeveelheid hengel is bepalend voor het voorkomen van de rups op een locatie. Daarbij is het waarschijnlijk ook van belang dat ook rode of blauwe bosbes aanwezig is. De vegetatie-associatie lijkt verder ook minder van belang te zijn zolang deze soorten aanwezig zijn.
5. De imago's lijken voorkeur te hebben voor gele composieten, maar kunnen ook prima andere nectarbronnen gebruiken als er geen gele composieten aanwezig zijn.
6. De grootte en hoogte van bosbes kan belangrijk zijn voor de keuze van een vrouwtje om eitjes te leggen, omdat het betere bescherming kan bieden dan kleine bosbesplanten.
7. De rol van corridors op de verspreiding en overleving van de bosparelmoervlinder zal in meer detail onderzocht moeten worden, omdat deze mogelijk cruciaal kunnen zijn bij de instandhouding van de populaties.
8. Op de Veluwezoom zou het dichtgroeien van bos en een tekort aan bosbes en hengel kunnen hebben bijgedragen aan de afname en het verdwijnen van de bosparelmoervlinder.
9. De rol van de schimmel Gemene Oranje Roest zal in een vervolgonderzoek ook bekeken moet worden, vanwege de mogelijk negatieve effecten op de overleving van hengelplanten.

Dankwoord

Ik wil 5.1.2e (bosgroep midden Nederland) en 5.1.2e (WUR) bedanken voor de mogelijkheid tot- en de begeleiding van de stage. Daarnaast wil ik 5.1.2e bedanken voor het beantwoorden van vragen en leveren van data van het onderzoek van vorig jaar. Ik wil ook 5.1.2e (defensie) en 5.1.2e (defensie en WUR) bedanken voor de hulp en het begeleiden tijdens het veldwerk op vliegbasis Deelen en 5.1.2e voor het regelen van veldwerk op Nationaal Park de Hoge Veluwe. Ook wil ik faunabeheerders van het Kroondomein bedanken voor de toestemming voor veldwerk in hun beheergebieden. Verder wil ik nog 5.1.2e (Vlinderstichting) bedanken voor het leveren van al bekende informatie over de bosparelmoervlinder en het meedenken bij vragen over de bosparelmoervlinder. Als laatste wil ik 5.1.2e bedanken voor de toestemming om bodemmonsters te nemen op de Veluwezoom en 5.1.2e voor de hulp bij het voorbereiden en de analyse van het bodem- en plant materiaal.

Referenties

Andrew, N. R., & Terblanche, J. S. (2013). The response of insects to climate change. *Climate of Change: Living in a Warmer World. Auckland: David Bateman Ltd*, 38-50.

Biesmeijer, J. C., Roberts, S. P. M., Reemer, M., Ohlemüller, R., Edwards, M., Peeters, T., . . . Kunin, W. E. (2006). Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, *313*(5785), 351-354. https://doi.org/10.1126/science.1127863

Bijlsma, R. J., Janssen, J. A. M., Haveman, R., de Waal, R. W., Weeda, E. J., Koomen, A. J. M., . . . Maas, G. J. (2008). *Natura 2000 habitattypen in Gelderland*.

Bink, F. A. (1992). *Ecologische atlas van de dagvlinders van Noordwest-Europa*. Schuyt Haarlem.

Bos, F. (2006). Dagvlinders: Bosparelmoervlinder Melitaea athalia. *Natuur van Nederland*, *7*(1), 287-289.

Burstrom, H. G. (1968). Calcium and plant growth. *Biological Reviews*, *43*(3), 287-316.

de Vries, J. P. R., Koma, Z., WallisDeVries, M. F., & Kissling, W. D. (2021). Identifying fine-scale habitat preferences of threatened butterflies using airborne laser scanning. *Diversity and Distributions*.

Díaz, S. M., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H., Guèze, M., Agard, J., . . . Butchart, S. (2019). The global assessment report on biodiversity and ecosystem services: Summary for policy makers.

Diepeveen, I. (2020). De Bosparelmoervlinder (*Melitaea athalia*) en de samenstelling van de waardplant hengel (*Melampyrum pratense*) in Kroondomein Het Loo. *MSc stage rapport (niet gepubliceerd)*.

Eeles, P. (2021). *UK Butterflies - Heath Fritillary - Melitaea athalia*. UK Butterflies. https://www.ukbutterflies.co.uk/species.php?species=athalia.

Eliasson, C. U., & Shaw, M. R. (2003). Prolonged life cycles, oviposition sites, foodplants and Cotesia parasitoids. *Oedippus*, *21*, 1-52.

FLORON. (z.d.-a). *NDFF Verspreidingsatlas | Digitalis purpurea - Vingerhoedskruid*. FLORON Verspreidingsatlas. Geraadpleegd op 24 maart 2021, van https://www.verspreidingsatlas.nl/0406#

FLORON. (z.d.-b). *FLORON Verspreidingsatlas | Melampyrum pratense - Hengel*. FLORON Verspreidingsatlas. Geraadpleegd op 18 maart 2021, van https://www.verspreidingsatlas.nl/0804#

FLORON. (z.d.-c). *FLORON Verspreidingsatlas | Plantago lanceolata - Smalle weegbree*. FLORON Verspreidingsatlas. Geraadpleegd op 24 maart 2021, van https://www.verspreidingsatlas.nl/0946

FLORON. (z.d.-d). *NDFF Verspreidingsatlas | Veronica chamaedrys - Gewone ereprijs*. FLORON Verspreidingsatlas. Geraadpleegd op 24 maart 2021, van https://www.verspreidingsatlas.nl/1351

Fric, Z., Hula, V., Klimova, M., Zimmermann, K., & Konvicka, M. (2010). Dispersal of four fritillary butterflies within identical landscape. *Ecological research*, *25*(3), 543-552.

Frohawk, F. W. (1924). Natural History of British Butterflies, Vol. 2. *Natural History of British Butterflies, Vol. 2*.

Harris, S. (2019). Investigating Local Distribution and Abundance of Common Cow-Wheat Melampyrum pratense in the Blean Woods National Nature Reserve, Kent. In: Canterbury Christ Church University (United Kingdom).

Hennekens, S.M., N.A.C. Smits & J.H.J. Schaminée (2010). SynBioSys Nederland versie 2. Alterra, Wageningen UR.

Holloway, G. J., Griffiths, G. H., & Richardson, P. (2003). Conservation strategy maps: a tool to facilitate biodiversity action planning illustrated using the heath fritillary butterfly. *Journal of Applied Ecology*, *40*(2), 413-421.

Kadaster. (z.d.). *Topotijdreis: 200 jaar topografische kaarten*. Topotijdreis. Geraadpleegd op 10 augustus2021, van https://www.topotijdreis.nl/.

KNMI. (2021). *KNMI - Daggegevens van het weer in Nederland*. Geraadpleegd op 1 augustus 2021, van https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/daggegevens.

Kroondomein Het Loo. (z.d.). Kroondomein Het Loo. Geraadpleegd op 2 april 2021, van https://www.kroondomeinhetloo.nl/kroondomein-het-loo/.

Kroondomein Het Loo. (2020, juni). *Faunabeheerplan Kroondomein Het Loo 2021–2025*. https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/jaarplannen/2020/06/15/faunabeheerplan-kroondomein-het-loo-2021-2025/Faunabeheerplan+Kroondomein+Het+Loo+2021-2025.pdf

Kurze, S., & Kurze, B.-J. (2009). Zur Lebensweise des Wachtelweizen-Scheckenfalters Melitaea athalia (Rottemburg, 1775)(Lepidoptera: Nymphalidae). *Sächsische Entomologische Zeitschrift*, *4*, 33-46.

Louis Bolk Instituut. (2019). *Organische stof in de Nederlandse bodem*. https://www.rli.nl/sites/default/files/fact_finding_paper_3_organische_stof_in_de_nederlandse_bodem__chris_koopmans_en_mieke_van_opheusden_louis_bolk_instituut.pdf

Natural History Museum. (z.d.). *HOSTS - The Hostplants and Caterpillars Database at the Natural History Museum*. Natural History Museum: Database of the World's Lepidopteran Hostplants. Geraadpleegd op 4 mei 2021, van https://www.nhm.ac.uk/our-science/data/hostplants/search/index.dsml

Natuurmonumenten. (z.d.). *Nationaal Park Veluwezoom*. Geraadpleegd op 3 augustus 2021, van https://www.natuurmonumenten.nl/natuurgebieden/nationaal-park-veluwezoom.

Natuur & Landschap Park Hoge Veluwe. (z.d.). Stichting Het Nationale Park de Hoge Veluwe. Geraadpleegd op 2 april 2021, van https://www.hogeveluwe.nl/nl/ontdek-het-park/natuur-en-landschap.

Nieminen, M., Suomi, J., Van Nouhuys, S., Sauri, P., & Riekkola, M.-L. (2003). Effect of iridoid glycoside content on oviposition host plant choice and parasitism in a specialist herbivore. *Journal of chemical ecology*, *29*(4), 823-844.

Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, *25*(6), 345-353. https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

Rytteri, S., Kuussaari, M., & Saastamoinen, M. (2021). Microclimatic variability buffers butterfly populations against increased mortality caused by phenological asynchrony between larvae and their host plants. *Oikos*.

60218 0007

Schwarzwälder, B., Lörtscher, M., Erhardt, A., & Zettel, J. (1997). Habitat utilization by the heath fritillary butterfly, Mellicta athalia ssp. celadussa (Rott.)(Lepidoptera: Nymphalidae) in montane grasslands of different management. *Biological Conservation*, *82*(2), 157-165.

Settele, J. (2000). *Die Tagfalter Deutschlands:[mit] 48 Tabellen*. ulmer.

Smith, A. J. E. (1963). Variation in Melampyrum pratense L. *Watsonia*, *5*, 336-367.

Staatsbosbeheer. (2012). *Het Nunspeetse- en Vierhouterbos*. https://klaskedejong.files.wordpress.com/2013/01/folder_nunspeetse_en_vierhouterbos.pdf

Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. G. (2021). Further evidence for a global decline of the entomofauna. *Austral Entomology*, *60*(1), 9-26.

Talsma, J. H. R., Torri, K., & van Nouhuys, S. (2008). Host plant use by the Heath fritillary butterfly, Melitaea athalia: plant habitat, species and chemistry. *Arthropod-Plant Interactions*, *2*(2), 63-75.

TesaŘOvÁ, M., Fric, Z., VeselÝ, P., KonviČKa, M., & Fuchs, R. (2013). European checkerspots (Melitaeini: Lepidoptera, Nymphalidae) are not aposematic–the point of view of great tits (Parus major). *Ecological Entomology*, *38*(2), 155-163.

Tolman, T., Lewington, R., & Nuß, M. (1998). *Die Tagfalter Europas und Nordwestafrikas*. Franckh-Kosmos.

van Swaay, C. (1997). Verslag van een regionale herintroductie De Bosparelmoervlinder in Drenthe. *Vlinders*, *12*(1), 21-22.

van Swaay, C., Warren, M., & Loïs, G. (2006). Biotope use and trends of European butterflies. *Journal of Insect Conservation*, *10*(2), 189-209. https://doi.org/10.1007/s10841-006-6293-4

Vliegenthart, A. (2011). Bosparelmoervlinder keert terug in het hakhout. *Vlinders*, *26*(3), 12-13.

Vlinderstichting. (z.d.). *Vlinder: bosparelmoervlinder / Melitaea athalia*. De Vlinderstichting. Geraadpleegd op 16 maart 2021, van https://www.vlinderstichting.nl/vlinders/overzicht-vlinders/details-vlinder/bosparelmoervlinder

Vodičková, V., Vrba, P., Grill, S., Bartonova, A., Kollross, J., Potocký, P., & Konvička, M. (2019). Will refaunation by feral horse affect five checkerspot butterfly species (Melitaea Fabricius, 1807) coexisting at xeric grasslands of Podyji National Park, Czech Republic? *Journal for Nature Conservation*, *52*, 125755.

Vranckx, G., & Vandelook, F. (2012). A season-and gap-detection mechanism regulates seed germination of two temperate forest pioneers. *Plant Biology*, *14*(3), 481-490.

Wahlberg, N. (2000). Comparative descriptions of the immature stages and ecology of five Finnish melitaeine butterfly species (Lepidoptera: Nymphalidae). *Entomologica Fennica*, *11*(3), 167-174.

Wahlberg, N. (2001a). On the status of the scarce fritillary Euphydryas maturna (Lepidoptera: Nymphalidae) in Finland. *Entomologica Fennica*, *12*(4), 244-250.

Wahlberg, N. (2001b). The phylogenetics and biochemistry of host-plant specialization in Melitaeine butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae). *Evolution*, *55*(3), 522-537.

Warren, M. S. (1987a). The ecology and conservation of the heath fritillary butterfly, Mellicta athalia. I. Host selection and phenology. *Journal of Applied Ecology*, 467-482.

Warren, M. S. (1987b). The ecology and conservation of the heath fritillary butterfly, Mellicta athalia. II. Adult population structure and mobility. *Journal of applied Ecology*, 483-498.

Warren, M. S. (1987c). The ecology and conservation of the heath fritillary butterfly, Mellicta athalia. III. Population dynamics and the effect of habitat management. *Journal of applied ecology*, 499-513.

Warren, M. S. (1991). The successful conservation of an endangered species, the heath fritillary butterfly Mellicta athalia, in Britain. *Biological Conservation*, *55*(1), 37-56.

Warren, M. S., Thomas, C. D., & Thomas, J. A. (1984). The status of the health fritillary butterfly Mellicta athalia Rott. in Britain. *Biological Conservation*, *29*(4), 287-305.

Winkler, E., & Heinken, T. (2007). Spread of an ant-dispersed annual herb: An individual-based simulation study on population development of Melampyrum pratense L. *Ecological modelling*, *203*(3-4), 424-438.

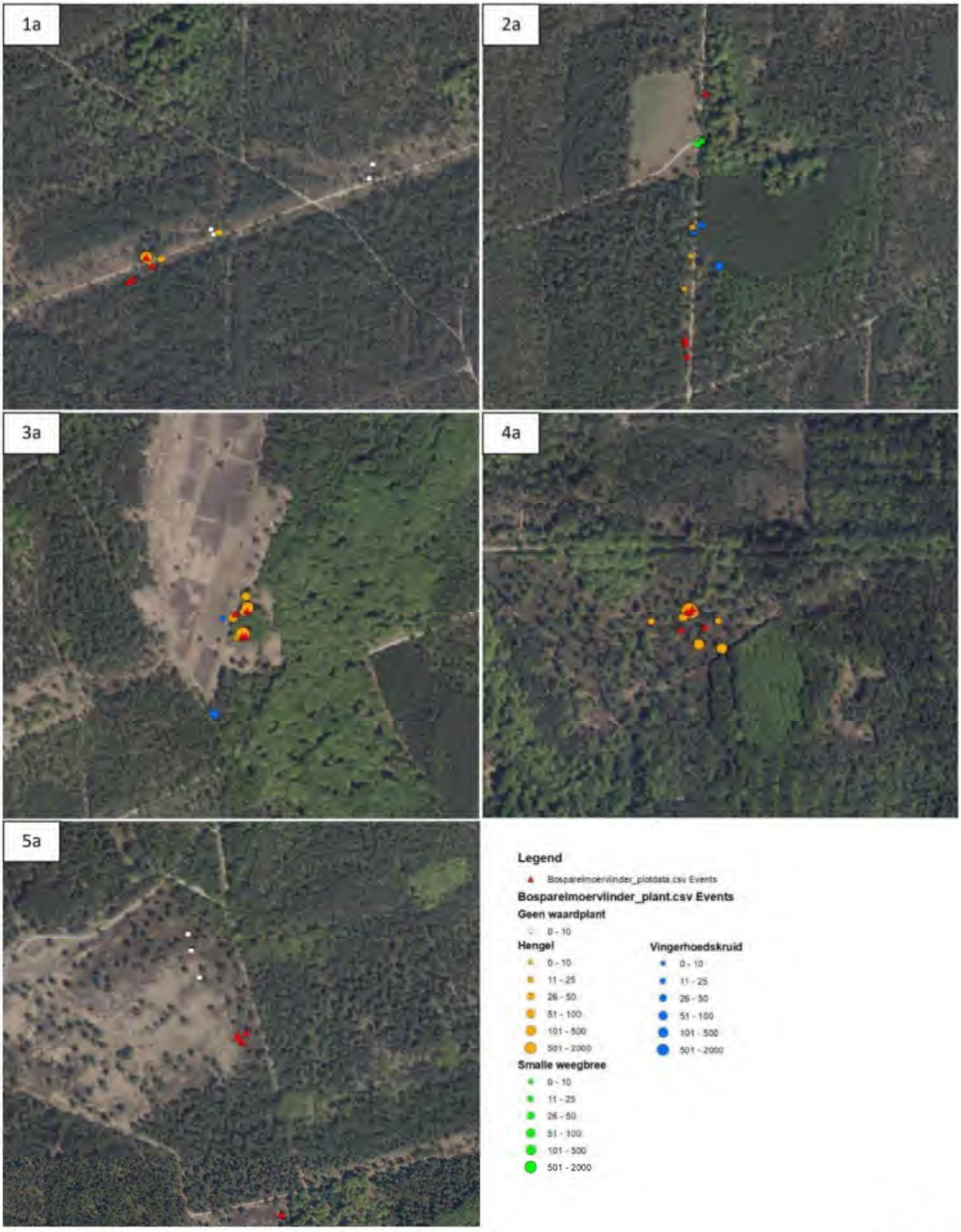
60218 0007

Bijlage A – Waardplanten bosparelmoervlinder

Tabel 1 Lijst van plantensoorten waaraan de bosparelmoervlinder in Europa geassocieerd is in literatuur

Plant soort (latijnse naam)	Plant soort (Nederlandse naam)	familie	Referentie
Melampyrum pratense	Hengel	Orobanchacceae	(Holloway et al., 2003; Talsma et al., 2008; Tolman et al., 1998; Wahlberg, 2000, 2001b; Warren, 1987a)
Melampyrum sylvaticum	Boszwartkoren/bos hengel	Orobanchacceae	Wahlberg, 2001; Reudler Talsma et al., 2008; Tolman et al., 1998
Melampyrum nemorosum	Paarse hengel	Orobanchacceae	Reudler Talsma et al., 2008
Plantago lanceolata	Smalle weegbree	Plantaginaceae	Wahlberg, 2000 & 2001; Reudler Talsma et al., 2008; Warren, 1987a; Tolman et al., 1998; (Settele, 2000)
Plantago major	Grote/Getande weegbree	Plantaginaceae	Reudler Talsma et al., 2008
Plantago alpina	Zeeweegbree	Plantaginaceae	Wahlberg, 2001; Tolman et al., 1998
Veronica chamaedrys	Gewone ereprijs	Plantaginaceae	Wahlberg, 2000 & 2001; Reudler Talsma et al., 2008; Warren, 1987a; Tolman et al., 1998; Settele, 2000
Veronica spicata	Aarereprijs	Plantaginaceae	Wahlberg, 2000 & 2001; Reudler Talsma et al., 2008;
Veronica officinalis	Mannetjesereprijs	Plantaginaceae	Wahlberg, 2001; Reudler Talsma et al., 2008; Tolman et al., 1998
Veronica longifolia	Lange ereprijs	Plantaginaceae	Reudler Talsma et al., 2008
Veronica montana	Bosereprijs	Plantaginaceae	Wahlberg, 2001; Tolman et al., 1998
Veronica serpyllifolia	Tijmereprijs	Plantaginaceae	Reudler Talsma et al., 2008
Veronica hederifolia	Klimopereprijs	Plantaginaceae	Reudler Talsma et al., 2008
Digitalis purpurea	Vingerhoedskruid	Plantaginaceae	Wahlberg, 2001; Warren, 1987a; Tolman et al., 1998
Digitalis ferruginea		Plantaginaceae	Tolman et al., 1998
Digitalis lutea	Geel vingerhoedskruid	Plantaginaceae	Tolman et al., 1998
Linaria vulgaris	Vlasbekje	Plantaginaceae	Reudler Talsma et al., 2008; Tolman et al., 1998
Odontites litoralis	Vroege ogentroost	Orobanchacceae	Reudler Talsma et al., 2008
Rhinanthus minor	Kleine ratelaar	Orobanchacceae	Reudler Talsma et al., 2008
Rhinanthus serotinus	Grote ratelaar	Orobanchacceae	Reudler Talsma et al., 2008
Pedicularis lapponica	Laplands kartelblad	Orobanchacceae	Wahlberg, 2001
Calluna vulgaris	Struikhei	Ericaceae	Holloway et al., 2003
Potentilla erecta	Tormentil	Rosaceae	Holloway et al., 2003
Teucrium scorodonia	Valse salie	Lamiaceae	Holloway et al., 2003
Alopecurus myosuroides	Duist	Poaceae	Holloway et al., 2003
Euphrasia spp.	Ogentroost	Orobanchacceae	(Kurze & Kurze, 2009)
Euphrasia rostkoviana	Beklierde ogentroost	Orobanchacceae	Tesařová et al., 2013

Bijlage B – Verspreiding waardplanten & plot locaties a (1:5000)



6a

7a

8a

9a

10a

Legend
Bosparelmoervlinder_plotdata.csv Events
Bosparelmoervlinder_plant.csv Events
Geen waardplant
0 - 10
Hengel
0 - 10
11 - 25
26 - 50
51 - 100
101 - 500
501 - 2000
Vingerhoedskruid
0 - 10
11 - 25
26 - 50
51 - 100
101 - 500
501 - 2000
Smalle weegbree
0 - 10
11 - 25
26 - 50
51 - 100
101 - 500
501 - 2000

11a

12a

13a

Legend

Bospareimoervlinder_plotdata.csv Events

Bospareimoervlinder_plant.csv Events

Geen waardplant

- 0 - 10

Hengel

- 0 - 10
- 11 - 25
- 26 - 50
- 51 - 100
- 101 - 500
- 501 - 2000

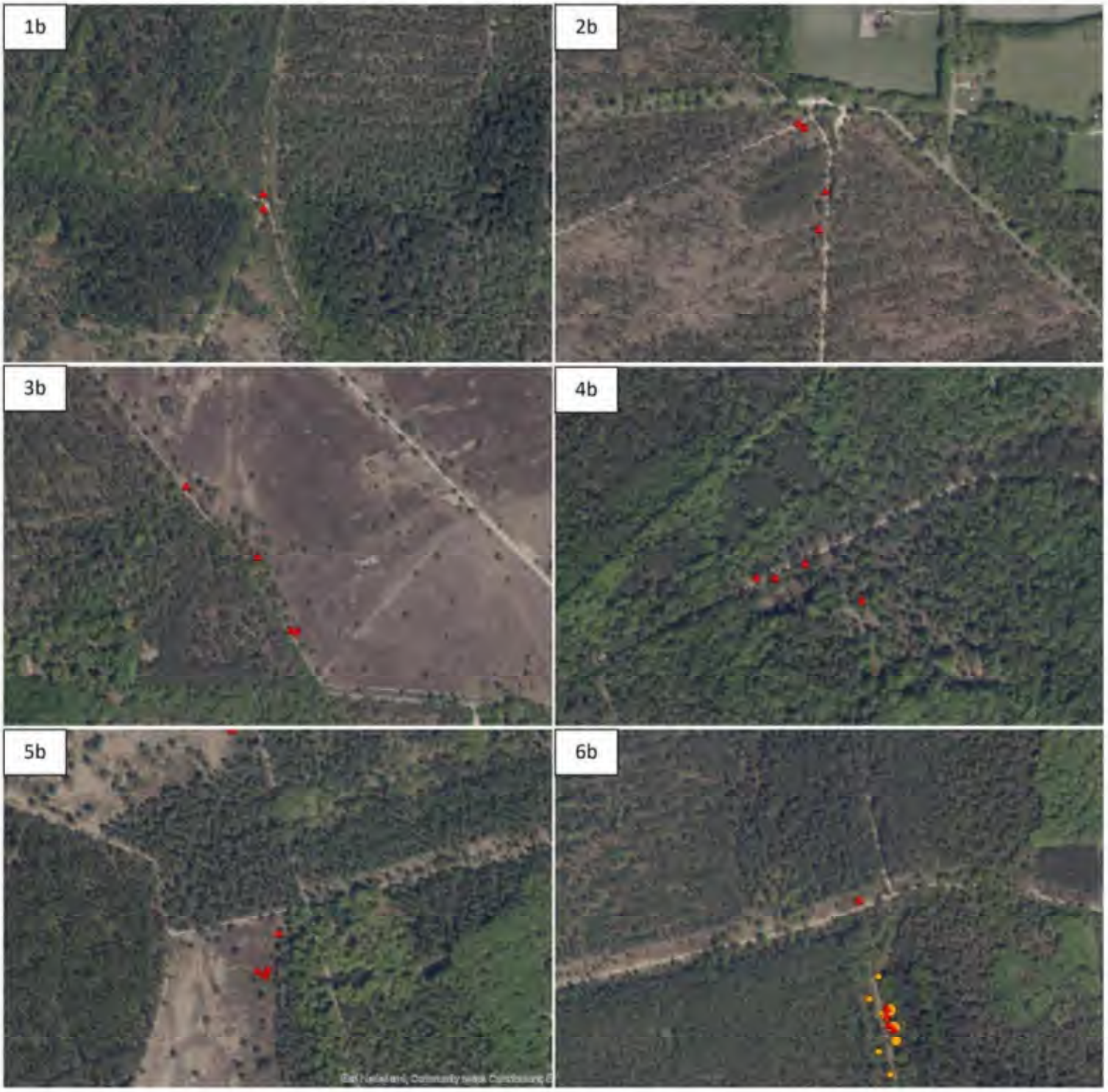
Vingerhoedskruid

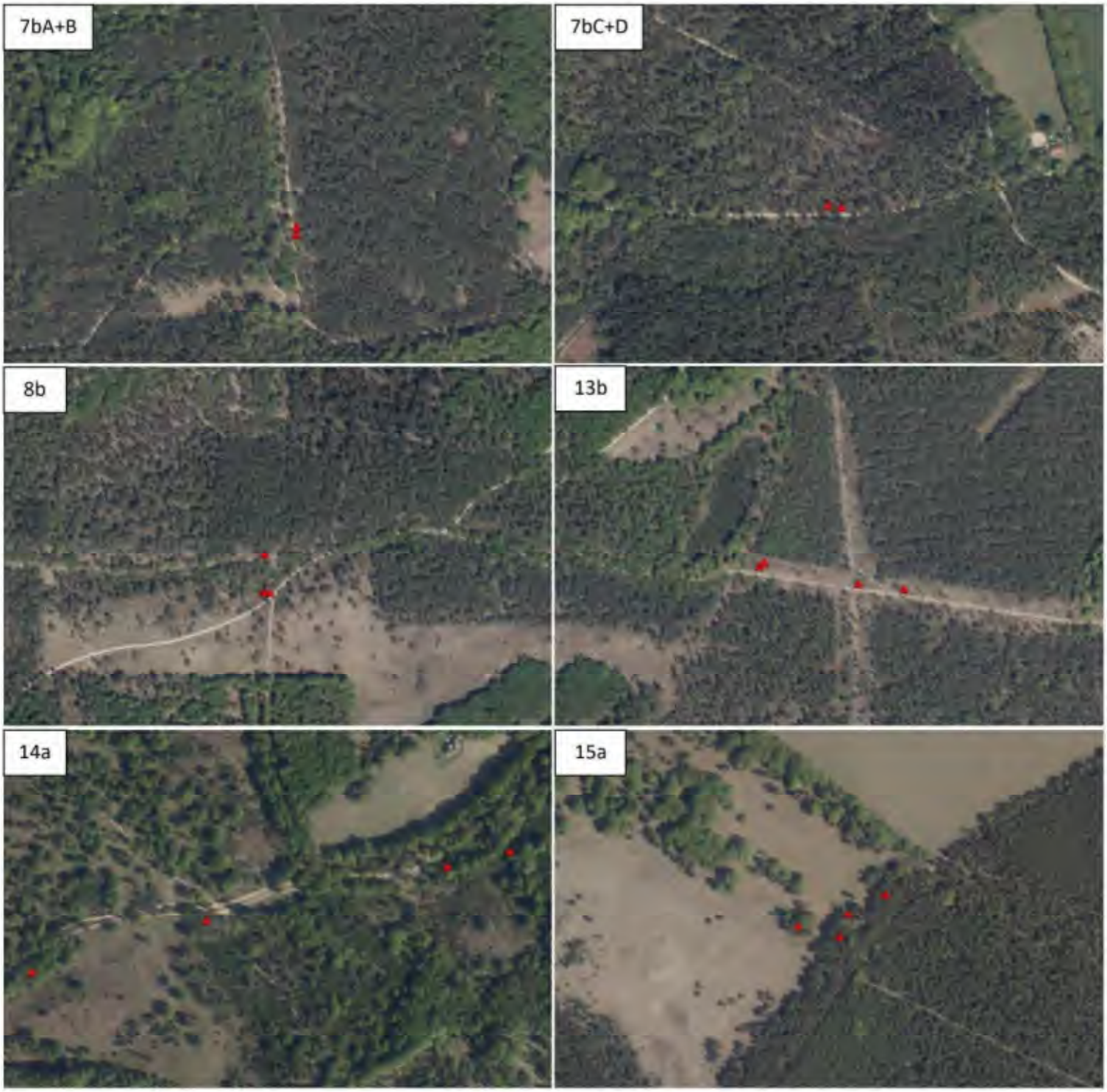
- 0 - 10
- 11 - 25
- 26 - 50
- 51 - 100
- 101 - 500
- 501 - 2000

Smalle weegbree

- 0 - 10
- 11 - 25
- 26 - 50
- 51 - 100
- 101 - 500
- 501 - 2000

Bijlage C – Plot locaties b & Veluwezoom (1:5000)



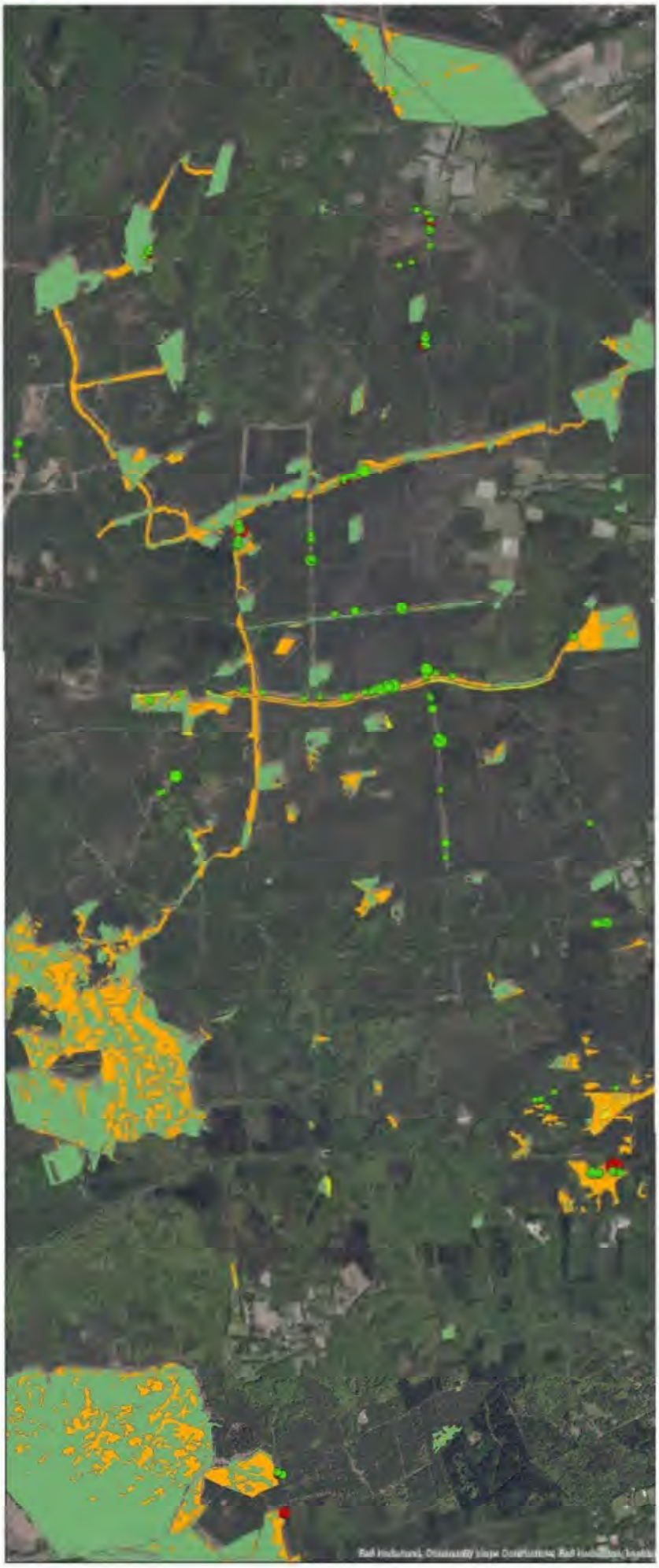

7bA+B
7bC+D
8b
13b
14a
15a

Bijlage D – Gemiddelde vegetatiewaardes 2020 en 2021

Tabel 3. *Gemiddelde waardes van vegetatiebedekking als gevonden bij Diepeveen en bij dit onderzoek.*

	Diepeveen (2020)	De Jong (2021)
Kroonbedekking	35.56	42.39
Boomhoogte	12.88	15.11
Grasbedekking	18.98	9.9
Struikbedekking	49.77	69.40
Kruidbedekking	21.85	3.68
Kaal	21.27	13
Mos	17.47	3.47
Struikhoogte	52.35	33.97
Grashoogte	84.60	49.29

Bijlage E – Vegetatie en vlinderwaarnemingen



Bijlage F – Rijksdriehoek coördinaten plots

plotcode	x_coord	y_coord	plotcode	x_coord	y_coord	plotcode	x_coord	y_coord
1aA	188686	477844	6aD	189211	476695	14aA	196739	447224
1aB	188694	477849	6bA	189417	476093	14aB	196995	447300
1aC	188717	477887	7aA	189458	475924	14aC	197437	447401
1aD	188727	477872	7aB	189458	475935	14aD	197346	447379
1bA	186460	476338	7aC	189460	475911	15aA	193931	453997
1bB	186461	476316	7aD	189468	475905	15aB	193864	453935
2aA	189441	479480	7bA	189726	473281	15aC	193803	453950
2aB	189404	479057	7bB	189726	473292	15aD	193876	453969
2aC	189405	479050	7bC	191054	473875			
2aD	189408	479028	7bD	191034	473878			
2bA	189418	480253	8aA	190796	476427			
2bB	189427	480246	8aB	190796	476427			
2bC	189458	480153	8aC	190818	476432			
2bD	189448	480098	8aD	190850	476440			
3aA	186930	479832	8bA	187149	475947			
3aB	186936	479833	8bB	187141	475948			
3aC	186918	479871	8bC	187142	476003			
3aD	186938	479876	9aA	186912	452890			
3bA	189174	481214	9aB	186877	452880			
3bB	189183	481212	9aC	186878	452900			
3bC	189125	481320	9aD	186964	452928			
3bD	189020	481424	9aE	186921	452938			
4aA	191112	471685	10aA	187831	452584			
4aB	191108	471680	10aB	187814	452563			
4aC	191103	471680	10aC	187819	452609			
4aD	191092	471650	10aD	187816	452638			
4aE	191133	471653	11aA	188859	453156			
4bA	190492	472223	11aB	188868	453169			
4bB	190409	472276	11aC	188876	453160			
4bC	190365	472255	11aD	188879	453170			
4bD	190338	472256	12aA	186982	482999			
5aA	188102	468939	12aB	187186	483004			
5aB	188087	468935	12aC	187181	483039			
5aC	188085	468931	12aD	187194	483058			
5aD	188093	468924	13aA	187751	477460			
5bA	188162	468626	13aB	187750	477447			
5bB	188146	468573	13aC	187750	477428			
5bC	188142	468565	13aD	187753	477398			
5bD	188132	468572	13bA	187994	475952			
6aA	189229	476700	13bB	187927	475960			
6aB	189221	476701	13bC	187783	475985			
6aC	189223	476693	13bD	187790	475991			

BemestingsWijzer
Grasland
staatsbosb. 4

Uw klantnummer: 8957924

Provincie Overijssel
Eenheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E 5.1.2e @eurofins.com
I www.eurofins-agro.com

Onderzoek

Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
749868/005364686	07-04-2021	14-04-2021

inkoopd.4500018209

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	2720	1400 - 2040					
	C/N-ratio		14	13 - 17					
	N-leverend vermogen	kg N/ha	140	95 - 145					
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	6	20 - 30					
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	475	250 - 355					
	C/S-ratio		81	50 - 75					
	S-leverend vermogen	kg S/ha	10	20 - 30					
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	4,5	2,8 - 4,0					
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	200	150 - 215					
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	45	95 - 135					
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	140	110 - 165					
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	20	90 - 210					
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	1465	1095 - 1645					
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	225	110 - 170					
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	225	65 - 175					
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	< 10	65 - 110					
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	25	30 - 45					
Fysisch	Zuurgraad (pH)		5,2	5,0 - 5,7					
	C-organisch	%	3,0						
	Organische stof	%	5,5						
	C/OS-ratio		0,55	0,45 - 0,55					
	Koolzure kalk	%	0,4	2,0 - 3,0					
	Klei (<2 µm)	%	2						
	Silt (2-50 µm)	%	11						
	Zand (>50 µm)	%	81						
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	80	> 64					
	CEC-bezetting	%	95	> 95					
	Ca-bezetting	%	72	75 - 85					
	Mg-bezetting	%	18	6,0 - 10					
	K-bezetting	%	3,5	2,0 - 5,0					
	Na-bezetting	%	1,0	1,0 - 1,5					
	H-bezetting	%	< 0,1	< 1,0					
	Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0					

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0				
Verslemping	rapportcijfer	8,1	6,0 - 8,0				

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch	Vochthoudend vermogen	mm	21						
	Microbiële biomassa	mg C/kg	511	275 - 825					
	Microbiële activiteit	mg N/kg	98	125 - 175					
	Schimmel/bacterie-ratio		0,6	0,7 - 1,0					

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 36	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-$CaCl_2$)	= 3,6	mg P/kg
Pw-getal	= 43	mg P_2O_5/l

Oostelijk Veehouderijgebied

Hoekpunten perceel: 269369 487793, 269365 487797, 269361 487796, 269269 487782, 269228 487775, 269214 487775, 269172 487769, 269142 487765, 269121 487762, 269025 487748, 269024 487745, 269024 487721, 269163 487742, 269159 487693, 269325 487720, 269380 487727, 269369 487793

Vanwege ruimtegebrek is het mogelijk dat niet alle coordinaten van de vastgelegde hoekpunten van het perceel op dit verslag zijn weergegeven. Deze zijn echter wel opgeslagen in onze database.

staatsbosb. 4

Advies	Stikstof (N)			2021 t/m 2024						
	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	345	zeer licht weiden	< 1000	53	14	11	11	13	12	12
		licht weiden	1000 - 1500	74	21	31	31	29	26	23
		normaal weiden	1500 - 2000	90	48	49	49	42	36	32
		licht maaien	2000 - 2500	104	71	64	64	52	43	
		normaal maaien	2500 - 3000	114	93	77	77	59		
		zwaar maaien	> 3000	120	111	87	87			
		standweiden		74	-	52	40	42	32	32

				2021		2022 t/m 2024	
		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	35 (2e snede)	35	35 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		15	0	25	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		15	0	25	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	15	20 (3ex maaien)	25	20
		normaal maaien	> 2500	15	25 (3ex maaien)	25	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		85	15 (eenmalig)	85	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		85	85 (eenmalig)	85	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	125	70	125	70
		normaal maaien	> 2500	165	100	165	100

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	110	110	110	110

			2021		2022 t/m 2024	
	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)		0	0 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)		25	25 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	255	-	-	-
		Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 130			

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	0
	Calcium (CaO)	eenmalig	225
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
De P-buffering is 10 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 12

Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

staatsbosb. 4

Bontheid

Legenda

Schaal: 1:5,000

Bodemscout

Gewasproductie

- Boven gemiddeld
- Gemiddeld
- Onder gemiddeld

Percelen

- Bemonsterd perceel
- Gewasperceel
- Perceelsvlak
- Bodemscoutvlak

Datum: 09-04-2021 Tijd: 16:51:43

BodemScout toont - gebaseerd op 9 jaar satellietbeelden - de structurele verschillen binnen een gewasperceel; waar deed het gewas het gemiddeld beter en waar slechter? Geeft de BodemScout aan dat uw perceel heel heterogeen is, dan kunt u eerst onderzoeken waardoor de verschillen veroorzaakt worden (zoals structuur, vochtbinding, (schadelijk) bodemleven, tekort aan nutriënten, pH-toestand) en vervolgens uw management aanpassen aan deze informatie.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Organische stof

Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 2,7

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Netto toename van effectieve organische stof.

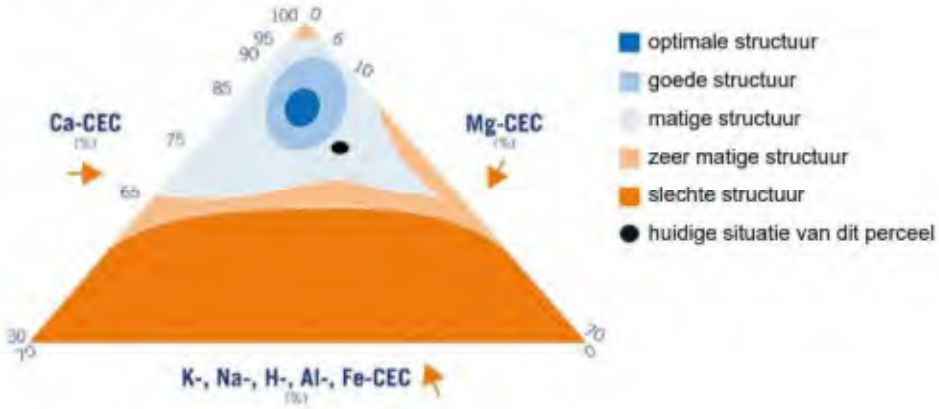
Figuur: Kwaliteit van de organische stof

Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek



staatsbosb. 4

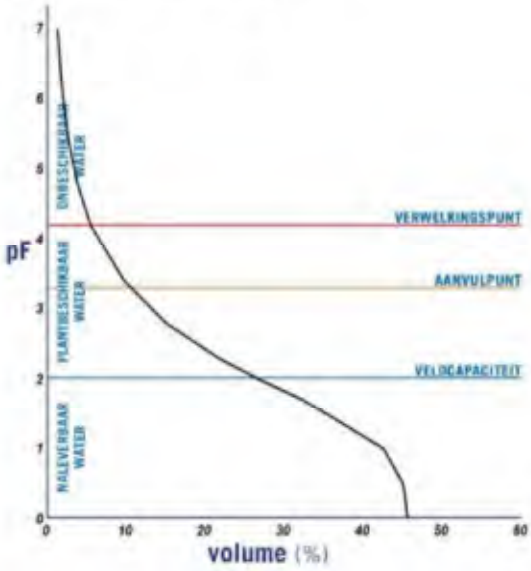
Fysisch

Figuur: Textuurdriehoek

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 21 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 10,6 % vocht zit en geef dan 16 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, 5.1.2e
Contactpersoon monstername:	5.1.2e 5.1.2e
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Normaal

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Methode		Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse resultaten	N-totale bodemvoorraad	2160	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	S-plantbeschikbaar	4,4	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
	S-totale bodemvoorraad	375	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	P-plantbeschikbaar	3,6	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	P-bodemvoorraad	36	mg P_2O_5/100 g	PAL1: Gw NEN 5793	Q
	K-plantbeschikbaar	35	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	K-bodemvoorraad	2,8	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-plantbeschikbaar	0,2	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-bodemvoorraad	64	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Mg-plantbeschikbaar	179	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Mg-bodemvoorraad	14,7	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Na-plantbeschikbaar	< 6	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Na-bodemvoorraad	0,8	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Zuurgraad (pH)	5,2		Em: NIRS (TSC®)	
	C-organisch	3,0	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	Organische stof	5,5	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	C-anorganisch	0,05	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Koolzure kalk	0,4	%		
	Klei (<2 µm)	2	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Silt (2-50 µm)	11	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Zand (>50 µm)	81	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei-humus (CEC)	80	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële biomassa	511	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële activiteit	98	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Schimmel biomassa	151	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Bacteriële biomassa	241	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform
P-bodemvoorraad Deze analyse is in duplo uitgevoerd.

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
Het monster is geanalyseerd in het Eurofins Agro laboratorium in Wageningen, tenzij anders is vermeld.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 08-04-2021

Besthmenerveentjes

Geofysisch en bodemkundig onderzoek

Foto voorkant: bodemprofiel van een overstoven verkitte veldpodzol (zwarte laag), op de noordoever van het Zeesserven.

Status
Definitief

Datum
5 januari 2022

Opdrachtgever
Staatsbosbeheer

Projectteam
5.1.2e
5.1.2e
5.1.2e
5.1.2e

In samenwerking met
5.1.2e (Medusa Explorations B.V.)

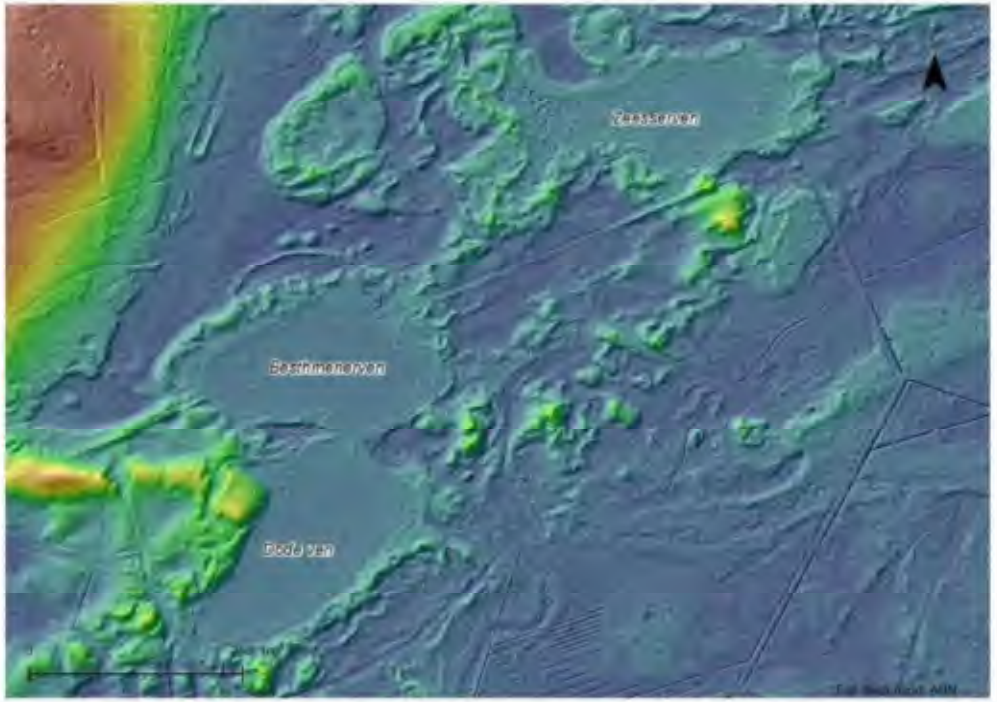
Inhoudsopgave

1	**Inleiding**		**3**
	1.1	Aanleiding	3
	1.2	Onderzoeksvragen	3
2	**Methode**		**4**
	2.1	Bureaustudie	4
	2.2	Veldonderzoek	4
	2.3	C14-datering veen	8
	2.4	Uitwerking data en rapportage	8
3	**Ontstaansgeschiedenis van de Besthmenerveentjes**		**9**
	3.1	Regionaal	9
	3.2	Lokaal	13
	3.3	Conclusies ontstaansgeschiedenis	19
4	**Fysisch-geografische kenmerken**		**21**
	4.1	Bodemkaart 1:10.000	21
	4.2	Slecht doorlatende lagen	23
	4.3	Boorbeschrijvingen DINO-loket	26
	4.4	Dwarsprofielen	26
	4.5	EGV en pH	36
5	**Conclusies**		**39**
	5.1	Antwoord op de onderzoeksvragen	39
	5.2	Evaluatie methodiek	40
Literatuur			**41**
Bijlagen			**43**

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het Natura2000-gebied Vecht en Beneden-Regge liggen in de boswachterij Ommen de Besthmenerveentjes (ook wel Veentjes genoemd), bestaande uit het Dode ven, Besthmenerven en het Zeesserven (Figuur 1). Er is weinig bekend over de geohydrologische werking van het gebied, zo ook of er sprake is van verdroging.[1] Om hier inzicht in te krijgen, is van belang een landschapecologische systeemanalyse (LESA) uit te voeren. Staatsbosbeheer stelt deze LESA op en heeft aan de Bosgroepen gevraagd om hiervoor een bodemkundig en geofysisch onderzoek uit te voeren. Dit geeft meer inzicht te krijgen in de bodemkundige opbouw van het gebied, relevant voor het hydrologisch functioneren.



Figuur 1: De Besthmenerveentjes ("Veentjes") in boswachterij Ommen.

1.2 Onderzoeksvragen

De hoofdvraag van het onderzoek is:
Hoe functioneren de Veentjes in de Boswachterij Ommen hydrologisch?

Er zijn twee deelvragen onderscheiden:

1. Hoe heeft het landschap (en de bodem) zich historisch gezien ontwikkeld in de boswachterij Ommen? Wat zijn de consequenties van deze ontwikkeling voor het geohydrologische functioneren van de Veentjes?
2. Is er bij dit schijngrondwatersysteem ook sprake van voeding uit een intrekgebied, hoe groot is dit systeem en hoe beïnvloedt het de hydrologie van de Veentjes?

[1] In de gebiedsanalyse Vecht- en Beneden-Reggegebied (2017) is onderzoeksopgave M8 opgenomen: actuele waterhuishouding vennen/ Veentjes in de Boswachterij Ommen en de noodzaak voor aanvullende maatregelen in de waterhuishouding (kappen bos, dempen ontwatering) voor habitattypen H3160, H4010A, H7150 en H7110B.

2 Methode

2.1 Bureaustudie

De bestaande gegevens en literatuur over de abiotiek van de Besthmenerveentjes zijn geraadpleegd (zie literatuurlijst). Over de aardkundige kenmerken van de Besthmenerveentjes is met name de zeer gedetailleerde studie van Voorwijk & Hardjoprakoso, de bodemkartering van Vrielink & Dirkx en beschrijving van Horsthuis van belang.[2]

Daarnaast zijn geraadpleegd:

- AHN3
- Historisch-topografische kaarten
- Geohydrologische dwarsprofiel van het gebied (d.m.v. ondergrondmodel BRO REGIS II V2.2)

2.2 Veldonderzoek

Om de verspreiding van ondiepe slecht doorlatende lagen in beeld te brengen, is een veldbodemkundig en een geofysisch onderzoek uitgevoerd. Het geofysisch onderzoek geeft een goed ruimtelijk beeld van de aanwezige slecht doorlatende lagen in het gebied. Het booronderzoek was nodig om de bodemlagen die uit het grondradaronderzoek naar voren kwamen, te kunnen definiëren (gliede, verkitte B, overig).

Veldbodemkundig onderzoek

De in totaal 47 grondboringen (Figuur 2) zijn in januari en maart 2021 uitgevoerd met een guts (veen) en/of Edelmanboor (mineraal) tot de GLG (op basis van reductiekenmerken) of tot maximaal 3 m onder maaiveld. De boorbeschrijvingen zijn opgenomen als Bijlage 2. De volgende aspecten zijn beschreven:

- Bodemhorizonten conform Ten Cate *et al.*, waaronder leemklasse en korrelgrootte.[3] Daarbij was specifiek aandacht voor:
    - Type veen: er wordt globaal gekeken naar het type veen (dominantie van: a) veenmossen, zeggen of houtachtige delen).
    - Slecht doorlatende lagen zoals gliede, verkitte B-horizonten en leem
- Bodemtype volgens De Bakker & Schelling;[4]
- GLG op basis van reductiekenmerken in het bodemprofiel indien mogelijk;

---

[2] Voorwijk & Hardjoprakoso, 1945; Vrielink & Dirkx, 1986; Horsthuis, in Jansen & Grootjans, 2019.

[3] Ten Cate et al., 1995.

[4] De Bakker & Schelling, 1989.

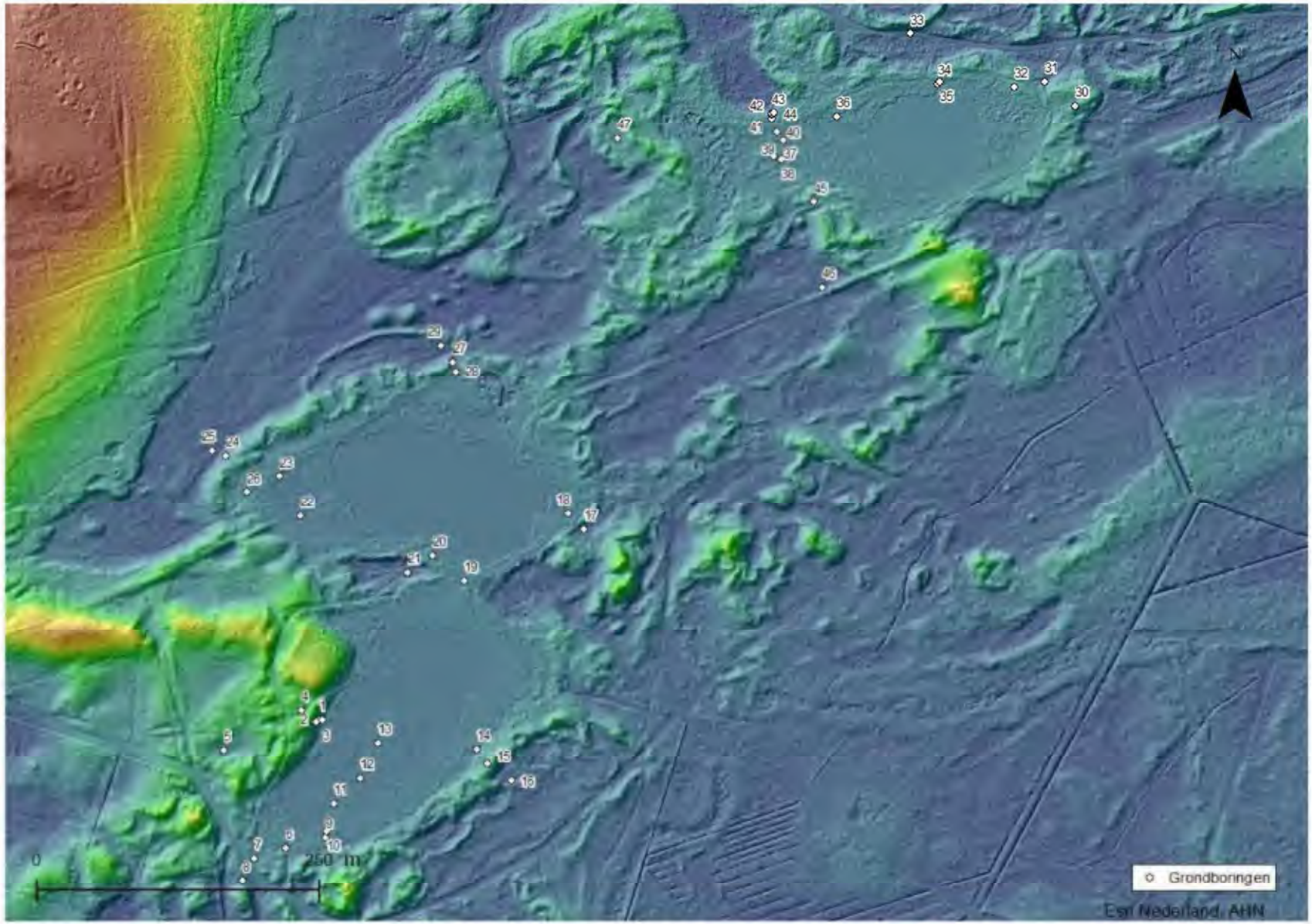
- pH (strips van Merck, pH 2-9) van de bodem op een aantal diepten door middel van pH-strips (strips van Merck);
- Waterstand in het boorgat;
- pH (strips van Machery-Nagel, pH 2-9) en EGV (Voltcraft-meter) van het water in het boorgat.

Op 21 januari 2021 is op meerdere plekken rondom de Veentjes het EGV gemeten van het oppervlaktewater.

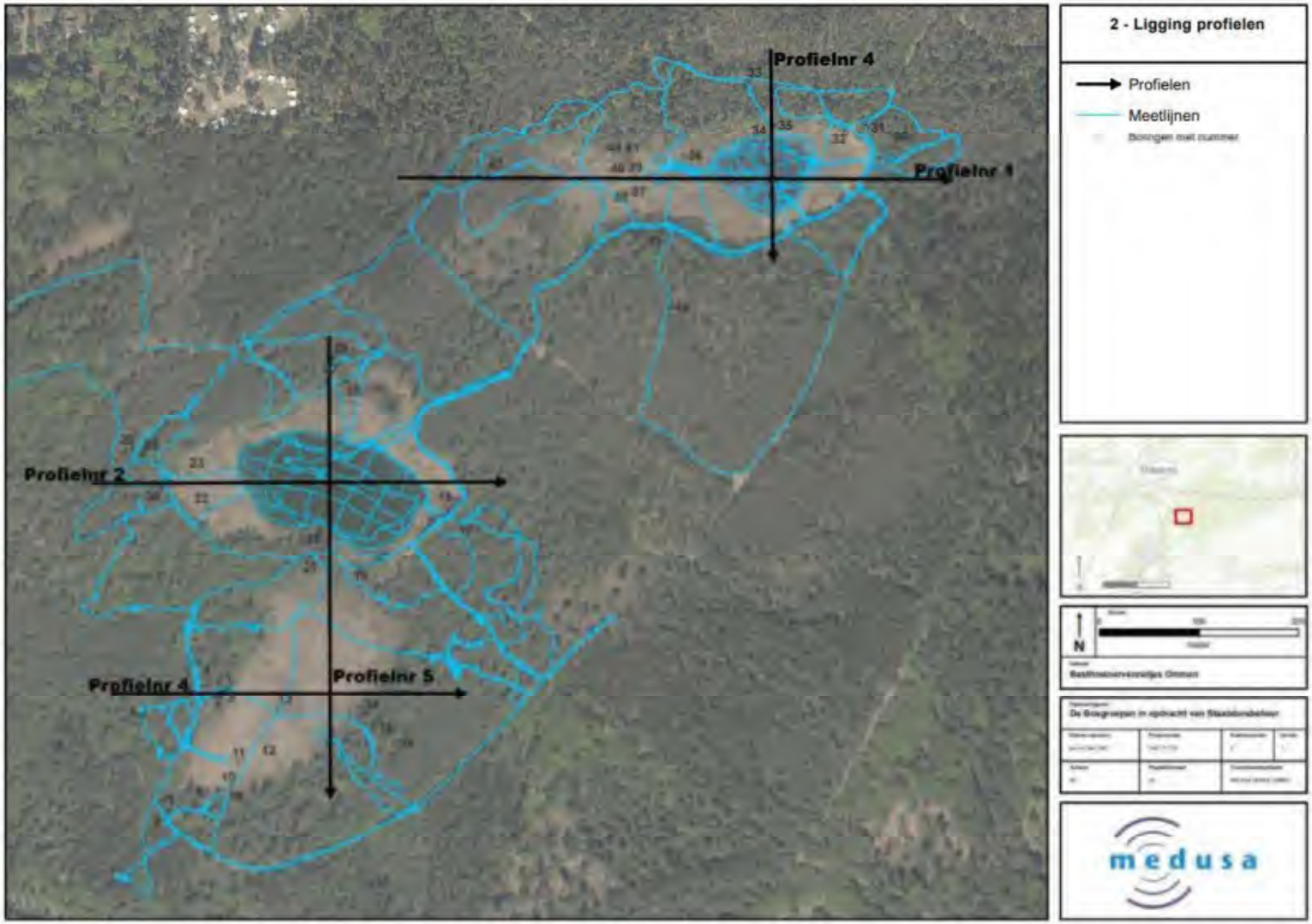
Geofysisch onderzoek (grondradar)

Het geofysisch onderzoek is uitgevoerd door Medusa Explorations B.V.[5] Bij het geofysisch onderzoek is door middel van grondradar de ondiepe ondergrond (tot ca. 6 m onder maaiveld) in beeld gebracht (Figuur 3).

[5] Ceulemans, 2021.



Figuur 2: Boorlocaties in en rondom de Veentjes.



Figuur 3: Lijnen waarlangs geofysisch onderzoek is gedaan door Medusa (blauw). De zwarte pijlen geven de ligging van de profielen weer die zijn uitgewerkt.

2.3 C14-datering veen

Bij boring 47 is een veenpakket gevonden onder een 130 cm dikke laag stuifzand. Om extra kennis over de lokale ontstaansgeschiedenis te krijgen, is de toplaag van dit veenpakket bemonsterd. De ouderdom van het veen is geanalyseerd middels een C14-datering door het Radiocarbon Laboratory in Poznań (Polen). Dat werkt volgens het principe dat het element koolstof (C) bestaat uit isotopen 12C, 13C en 14C, waarvan de laatste een halfwaardetijd van 5730 jaar heeft. De productie van koolstof varieerde door de tijd als gevolg van fluctuerende influx van kosmische straling en beïnvloedt de werkelijke ouderdom van fossiele organismen. Het verschil tussen de zogenaamde koolstofjaren (BP) en daadwerkelijke kalenderjaren (CALBC/AD) is naderhand vanuit jaarringsequenties (dendrochonologisch onderzoek) bijgesteld.[6]

2.4 Uitwerking data en rapportage

De resultaten van het geofysisch onderzoek door Medusa zijn door hen uitgewerkt tot:

- Een kaart met de verspreiding van de verkitte B-horizont op basis van hun meetlijnen;
- Vijf profielen (ligging zie Figuur 3) met bodemopbouw kruislings over de Veentjes;
- Een rapportage met werkwijze en uitleg van de resultaten. Voor de beschrijving van de methode van onderzoek wordt naar deze rapportage verwezen.[7]

De resultaten van het bodemkundig onderzoek zijn uitgewerkt tot kaarten met verspreiding van slecht doorlatende lagen, pH en EGV. Aan de hand van geohydrologische doorsneden (DINO-loket; ondergrondmodel REGIS II) en historisch-topografische kaarten is de ontstaansgeschiedenis van de veentjes beschreven.[8] Vervolgens is antwoord gegeven op de onderzoeksvragen. Tijdens een werksessie met Staatsbosbeheer zijn de resultaten van de verschillende onderzoeken uitgewisseld (bodem- en geofysisch onderzoek: Bosgroepen, flora/vegetatie/hydrologie: Staatsbosbeheer). Daarna is deze deelrapportage opgesteld en opgeleverd. Staatsbosbeheer is penvoerder van de complete LESA.

---

[6] Op basis van Reimer et al., 2013; Bronk Ramsey, 2021.

[7] Ceulemans, 2021; Bijlage 1.

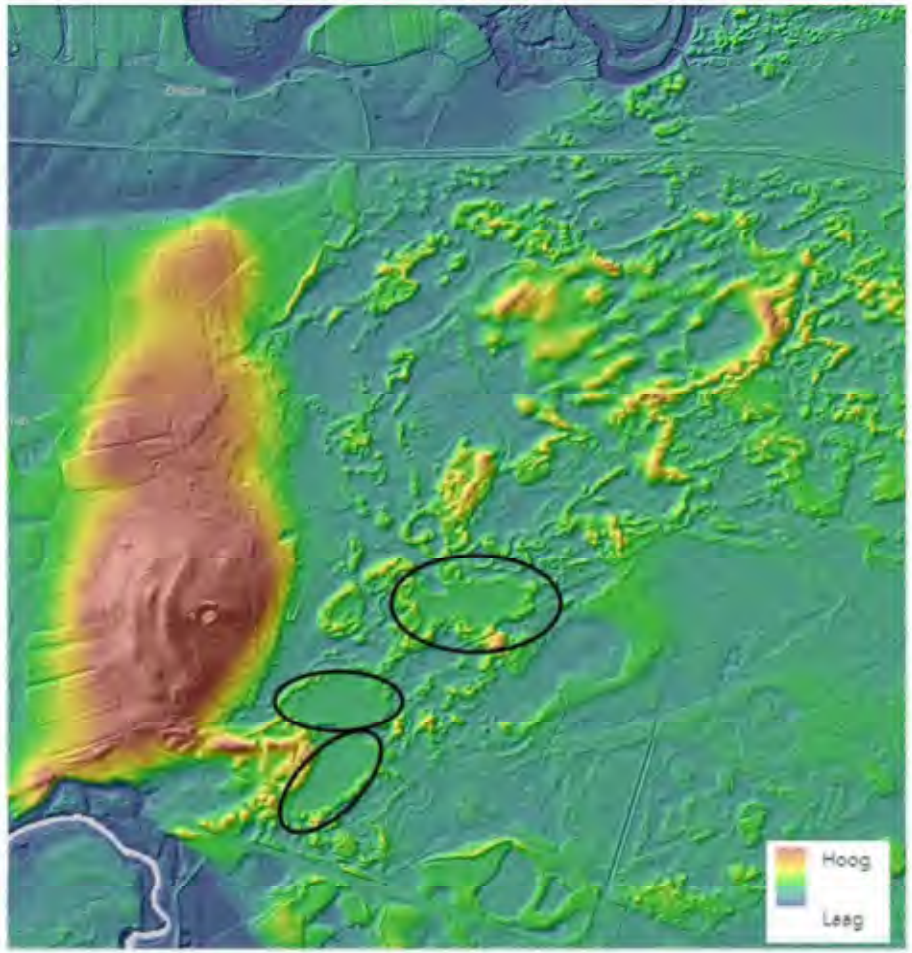
[8] www.topotijdreis.nl

3 Ontstaansgeschiedenis van de Besthmenerveentjes

3.1 Regionaal

De Besthmenerveentjes liggen ten oosten van de Besthmenerberg, een stuwwal uit de voorlaatste ijstijd (Figuur 4). Bijzonder is de hoge ligging van de vennen in het landschap als gevolg van "reliëfinversie". Onder reliëfinversie wordt het verschijnsel verstaan dat een ven of veentje, waarvan de bodem aanvankelijk lager lag dan het omringende land, uiteindelijk hoger dan zijn omgeving komt te liggen.
Over de actuele aardkundige kenmerken van de Besthmenerveentjes zijn met name de zeer gedetailleerde studie van Voorwijk & Hardjoprakoso, de bodemkartering van Vrielink & Dirkx en beschrijving van Bouwman & Horsthuis van belang.[9] Over de ontwikkeling van de veentjes over langere tijd is nog weinig bekend. In de Cultuurhistorische Atlas van de Vecht, de paleogeografische kaarten van Nederland valt niet op te maken hoe de vennen precies zijn ontstaan.[10] Van verder oostelijk gelegen veenrestanten van het Beerzerveld is de ouderdom van de veenontwikkeling en overstuivingen in de regio wel onderzocht.[11]

Met een combinatie van gegevens is in deze paragraaf een hypothese gevormd over de ontstaansgeschiedenis van de Besthmenerveentjes.



Figuur 4: Ligging van de Veentjes opvallend hoog in het landschap ten opzichte van de directe omgeving. Aan de westkant ligt de Besthmenerberg.

[9] Voorwijk & Hardjoprakoso, 1945; Vrielink & Dirkx, 1986; Bouwman & Horsthuis, 2019 (in Jansen & Grootjans, 2019).

[10] Neefjes *et al.*, 2011; Vos *et al.*, 2011

[11] Sevink *et al.*, 2017.

Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. toont een geohydrologisch dwarsprofiel uit het ondergrondmodel REGIS. Het profiel laat zien dat de basis van de vennen bestaat uit zanden van de Formatie van Peize. Dit zijn mineralogisch gezien arme zanden, grotendeels afgezet door de Eridanos[12], in mindere mate door de Rijn. Tijdens de voorlaatste ijstijd (Saalien; 238.000–126.000 jaar geleden) is een aantal stuwwallen in noord-zuidelijke richting ontstaan, met onder andere de Besthmenerberg. Tussen deze stuwwallen liggen diepe tongbekkens (zie parallelle stuwwalpatronen op het AHN).[13] Deze zijn vervolgens in de volgende ijstijd (Weichselien; 116.000–17.000 jaar geleden) zijn opgevuld met kalkrijke zanden afkomstig uit vlechtende rivieren vanuit het Oerrijnsysteem. Afzettingen van deze Formatie van Kreftenheye bestrijken globaal genomen Salland (Figuur 5; onder).[14]

Met name in het Pleniglaciaal (ca. 73.000–14.650 jaar geleden) waren er fases waarin diepe permafrost ontdooide en grote hoeveelheden smelwatermateriaal door deze oerstroomdalen werden afgevoerd. De stuwwal van Lemele en Besthmen waren aanvankelijk nog aaneengesloten en vormden een blokkade. Het smeltwatermateriaal vanuit het Oer-Reggesysteem kon niet anders dan richting het noorden worden afgevoerd (Figuur 6; links). Ergens deze periode is deze stuwwal toch doorbroken en zocht de Regge zich een weg meer westwaarts (Figuur 6; rechts). Mogelijk vormde de overgang van het Pleniglaciaal naar Laat Glaciaal (ca. 15.000 jaar geleden) de laatste fase waarin periodiek nog wel afvoer richting het noorden plaatsvond. In het dwarsprofiel is te zien dat de top van de Formatie van Kreftenheye en basis van de Boxtelformatie leem of klei bevat (Figuur 5; codes KRZUk1 en BXk1). Dit wijst op een lagere rivierdynamiek in dit deel van het stroomgebied. Op een gegeven moment, waarschijnlijk nadat de Regge de oergeul verliet en naar het westen afboog, werd dekzand afgezet (Formatie van Boxtel; BXz; laagpakket van Wierden).[15]

Op basis van onderzoeksgegevens uit het Vechtdal zijn aanwijzingen dat pas vanaf de Middeleeuwen het dekzand grootschalig is gaan verstuiven (Formatie van Boxtel, laagpakket van Kootwijk).[16] In deze studie is een koolstofdatering gedaan aan de top van een overstoven veenprofiel. Het laatste veen is tussen 1175 en 1273 AD ontstaan en wordt in het volgend hoofdstuk verder toegelicht. Door plaatselijke Holocene verkitting van de bodem kon reliëfinversie plaatsvinden tijdens die middeleeuwse zandverstuivingen. Dit is bijvoorbeeld aangetoond in Beerzerveld, een paar kilometer ten oosten van de Besthmenerveentjes.[17] In de volgende paragraaf gaan we dieper in op deze verkitting en verstuiving bij de Veentjes.

---

[12] Een voormalige rivier die voornamelijk moet hebben gestroomd door wat nu de Oostzee is. De Eridanos had ca. 1 miljoen jaar geleden zijn grootste lengte (2700 km), ontsprong in Lapland en de delta omvatte vrijwel heel Noordwest-Europa.

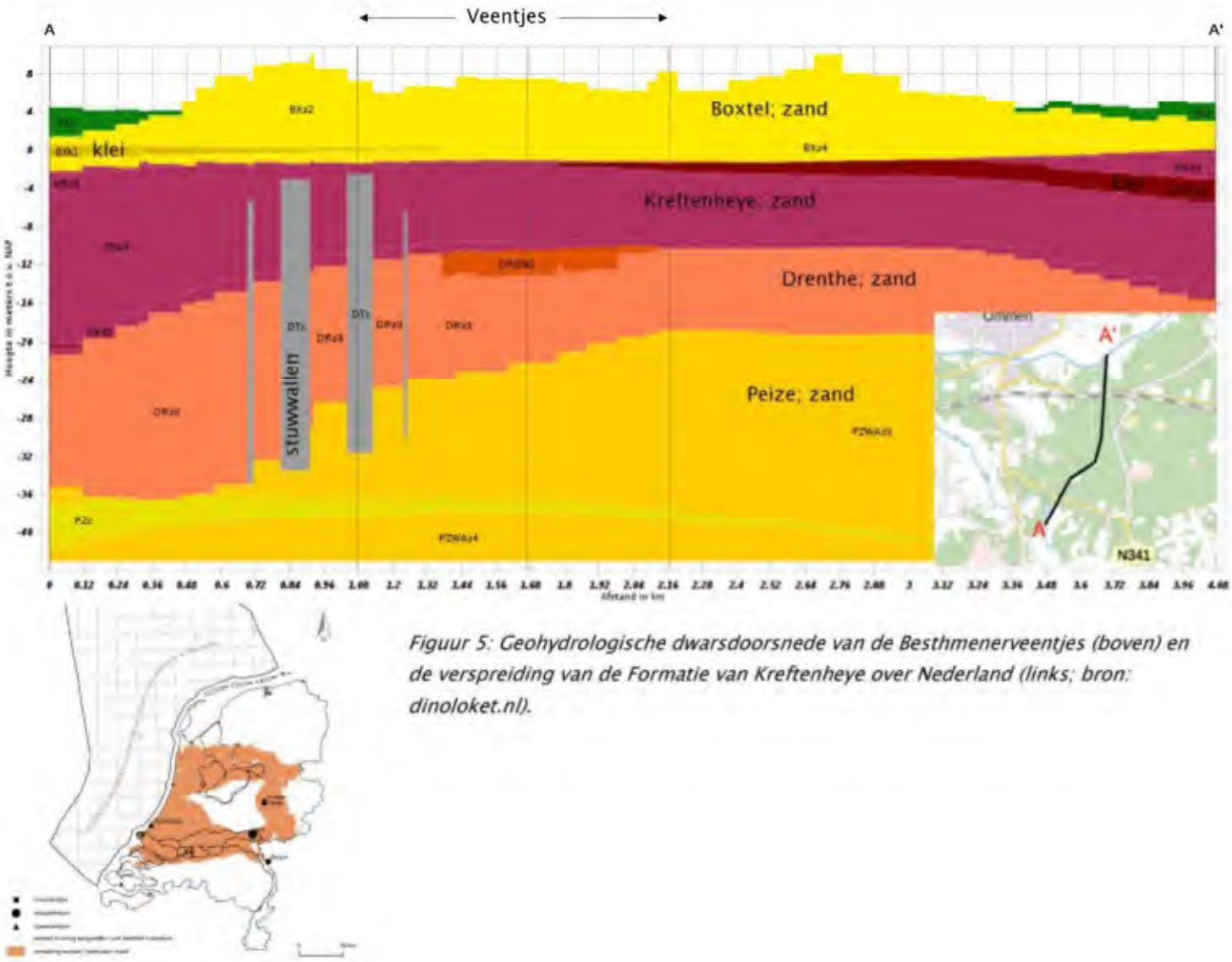
[13] Bakker *et al.*, 2003.

[14] Busschers *et al.*, 2003.

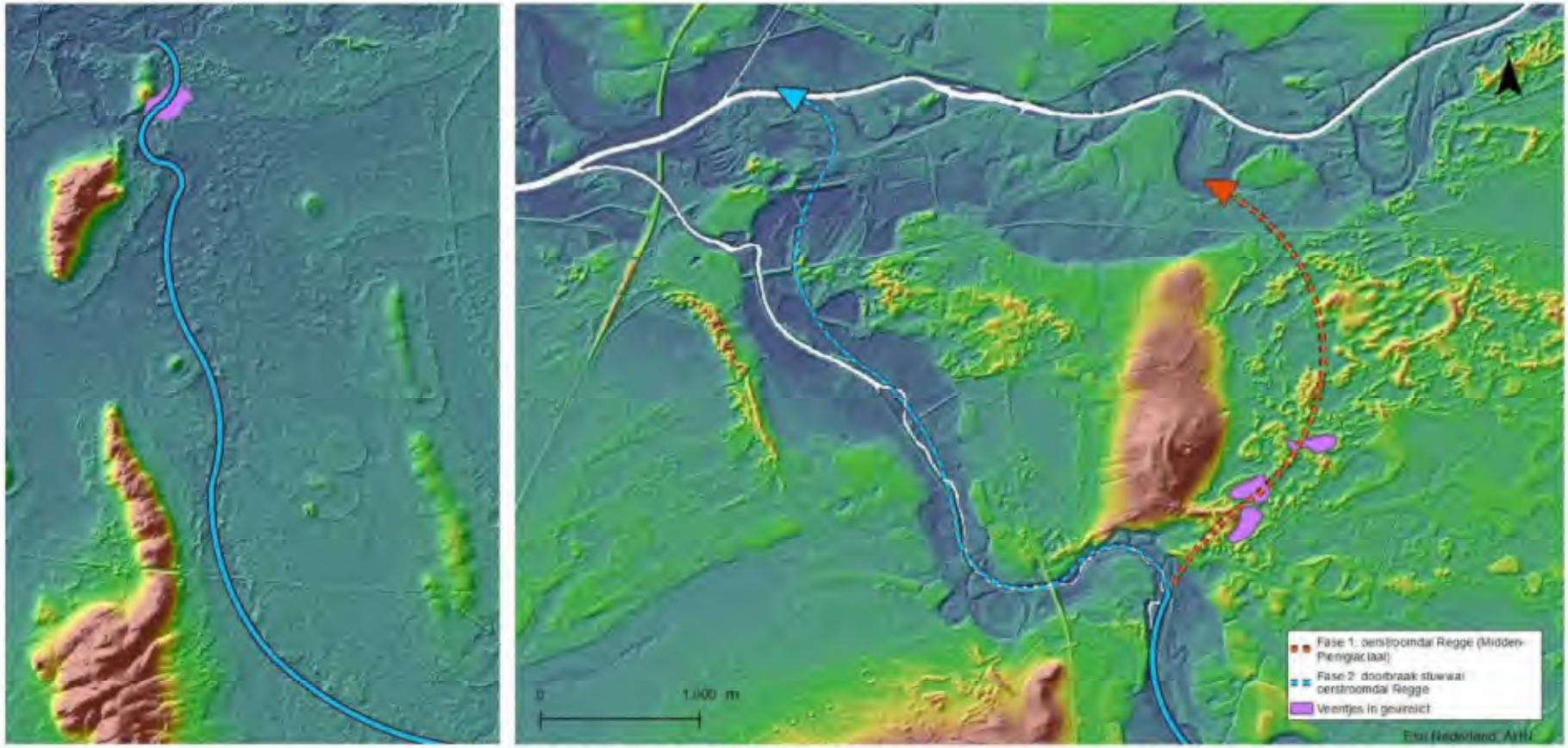
[15] Schokker *et al.*, 2005.

[16] Neefjes *et al.*, 2011; Sevink *et al.*, 2017.

[17] Kieskamp *et al.*, 2015.



Figuur 5: Geohydrologische dwarsdoorsnede van de Besthmenerveentjes (boven) en de verspreiding van de Formatie van Kreftenheye over Nederland (links; bron: dinoloket.nl).



Figuur 6: De Besthmenerveentjes zijn waarschijnlijk in de basis gevormd in een oergeul van de Regge (links; ligging van de Veentjes is aangeduid met paars). Deze is in het Laat Glaciaal afgesnoerd door dekzandafzettingen doordat de Regge zich heeft verlegd (rechts; van oranje naar blauwe pijl).

3.2 Lokaal

Verkitting, veenvorming en verstuiving

Van origine lag er dus ter hoogte van de Veentjes een slenk met een aantal diepe geulrelicten uit de ijstijd. Vanaf het vroeg Holoceen steeg het grondwater. Hierdoor vormden zich achtereenvolgens diverse bodemlagen (Tekstkader 1). Uit vergelijkbare gebieden weten we dat er zich aanvankelijk meerbodems vormden, veelal gyttja's. Later werd dat gevolgd door grondwater- en regenwatergevoed veen. Uit eerder archeologisch onderzoek weten we dat de hogere gronden in het Vechtdal al in de ijzertijd zijn ontbost, waardoor er vernatting en uitloging plaatsvond.[18] Doordat ijzer uitspoelde en zich in diepere bodemlagen vastzette, ontstond er een verkitte laag ("verkitte B-horizont"). Door deze slecht doorlatende laag werden de omstandigheden zuurder, waardoor er op de overgang van het veen naar het zand gliedelagen ontstonden, gevolgd door hoogveenvorming. Het hoogveen breidde zich in dit vernattende systeem lateraal uit, vanuit de geul naar buiten toe.[19]

In een latere fase begon het dekzand te verstuiven (zie volgende paragraaf). Doordat de natte bodems (o.a. veen) niet konden uitstuiven, trad reliëfomkering op. Daarom liggen de Veentjes nu hoger dan de omgeving. De ijzerverkitting kent een nauwe begrenzing rondom de Veentjes, waardoor de uitstuiving op tal van plaatsen vrijwel loodrecht op de waterlijn staat. Op andere plaatsen zijn landduinen tegen deze waterspiegels afgezet of zijn oude podzolgronden of veenbodems overstoven.

Dit sluit aan op de eerdere beschrijving van Voorwijk & Hardjoprakoso, die de veentjes 'schotels water in zand' noemen, met een *"vrij vlakken, vermoedelijk nogal regelmatigen bodem, bestaande uit de oerbank van het in deze streken normale Podsolprofiel", aan de randen overgaand in "een onregelmatigen verticalen rand, welke door middel van uitlooging en praecipitatie door het venwater is gevormd".*[20] De schematische weergave van dat vormingsproces hebben Voorwijk & Hardjoprakoso weergegeven in Figuur 7.

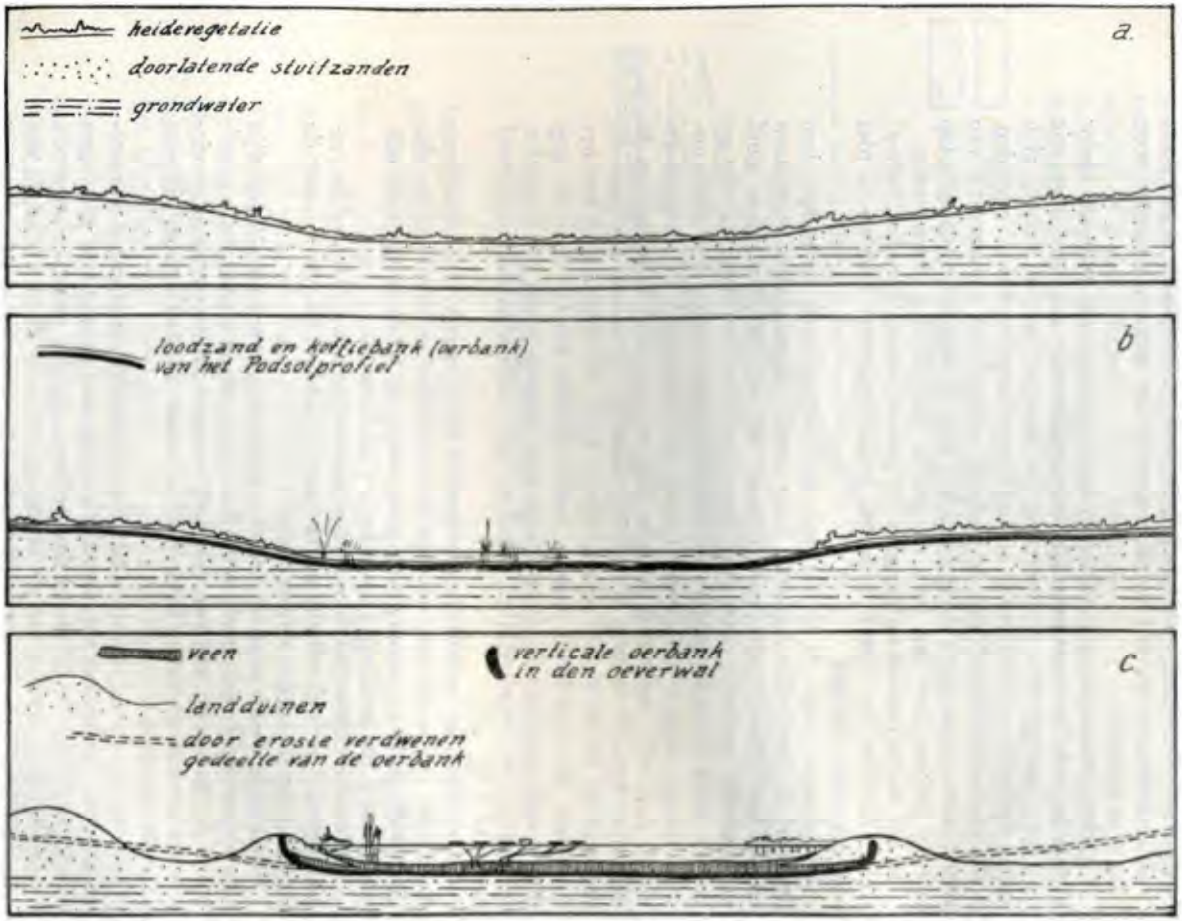
Tekstkader 1: Toelichting op verschillende bodemlagen.

Meerbodem: Een lössachtige afzetting op de bodem van stilstaande wateren.
Gyttja (term komt uit het Zweeds): een meerbodem met resten van micro-organismen, daardoor vaak kalkrijk.
Verkitte B-horizont: een door ijzer- en humusinspoeling verkitte laag in een podzolbodem.
Gliede: een schoensmeerachtige laag van zeer fijne, organische stof, die ontstaat op de overgang van veen naar zand, vaak op een verkitte B.

[18] Sevink *et al.*, 2017.

[19] Stouthamer *et al.*, 2015.

[20] Voorwijk & Hardjoprakoso, 1945.



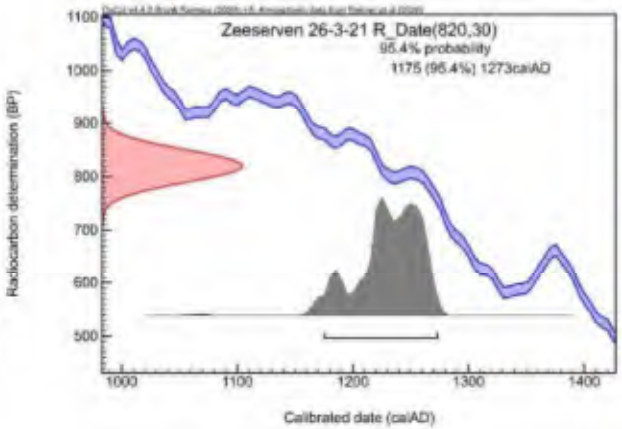
Figuur 7: Schematische weergave van het ontstaan van de Besthmenerveentjes volgens Voorwijk & Hardjoprakoso (1945). A. beginnende heidevegetatie op doorlatende zandbodem. B. podzolering met vorming van een heideplas. C. ontstaan van stuifzanden, waarbij zich oeverwallen vormden, gevolgd door stijging van het waterniveau en de veentjes en vorming van een ondoorlatende 'verticale' laag (verkitte B-horizont). Er trad reliëfomkering op (zie ook foto uit 1945 rechts).

Einde veengroei aan de hand van koolstofdatering overstoven veen

Bij boring 47 ten westen van het Zeesserven (locatie zie Figuur 2) is een 15 cm dik veenpakket aangetroffen onder 130 cm stuifzand. Het veen is gedateerd (middels C14-datering) om meer te weten over de lokale onstaansgeschiedenis (Figuur 8).

De toplaag van het intacte veenmosveen had een gekalibreerde koolstofdatering uit de volle middeleeuwen, de periode tussen de 1175 en 1273 AD. Met deze jonge datering kunnen we aannemen dat het veenpakket onvergraven en dus intact is. We kunnen tevens aannemen dat het landgebruik in de volle middeleeuwen zo intensief was en er nauwelijks nog bos in de omgeving van de Veentjes voorkwam. Vermoedelijk heeft het afgraven van het veen in de Veentjes vanaf deze periode plaatsgevonden en is dankzij de overstuiving een deel van het veen buiten het oog van de turfgravers gebleven. Dit veen verdient nader pollenonderzoek om de vegetatiegeschiedenis van deze zeldzame groeiplaats van veenbloembies scherp te krijgen.

Figuur 8: Koolstofdatering van de top van het overstoven veenprofiel zoals op de foto rechts aangegeven. Op de Y-as in rood de spreiding in koolstof BP jaren (820,3 BP). Op basis van dendrochronologisch onderzoek (blauwe lijn) zijn de koolstofjaren gekalibreerd naar een dateringsinterval in kalenderjaren op de X-as in grijs (1175-1273 AD).



Zeeserven

X: 226941 Y: 501641

Overstoven veenmosveen (nu vlakvaaggrond)

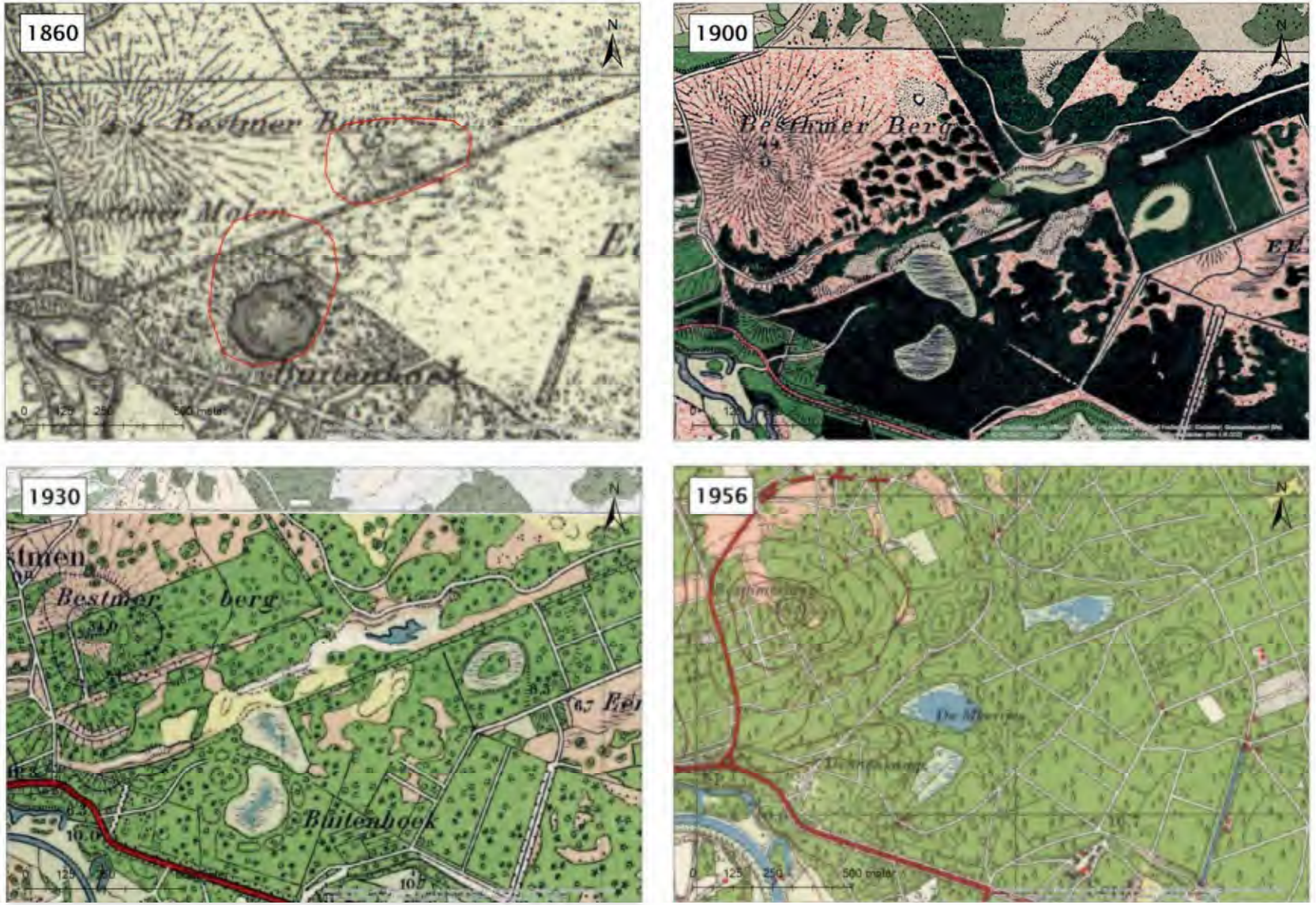
Horizont	diepte		textuur	leem%	pH
AEB	0-20	micropodzol	250	0-10	3,5
Cg	20-50	pseudogley	250	0-10	4,2
Ce	50-120	stuifzandbodem met humus	250	0-10	4,2
Cu1	120-130	humeus zand			4,2
Cu2	130-145	veenmosveen (*monster*)			4,2
Cu3	145-180	gliede			4,2
Bsc	> 180	verkitte B-horizont			

Ontginning

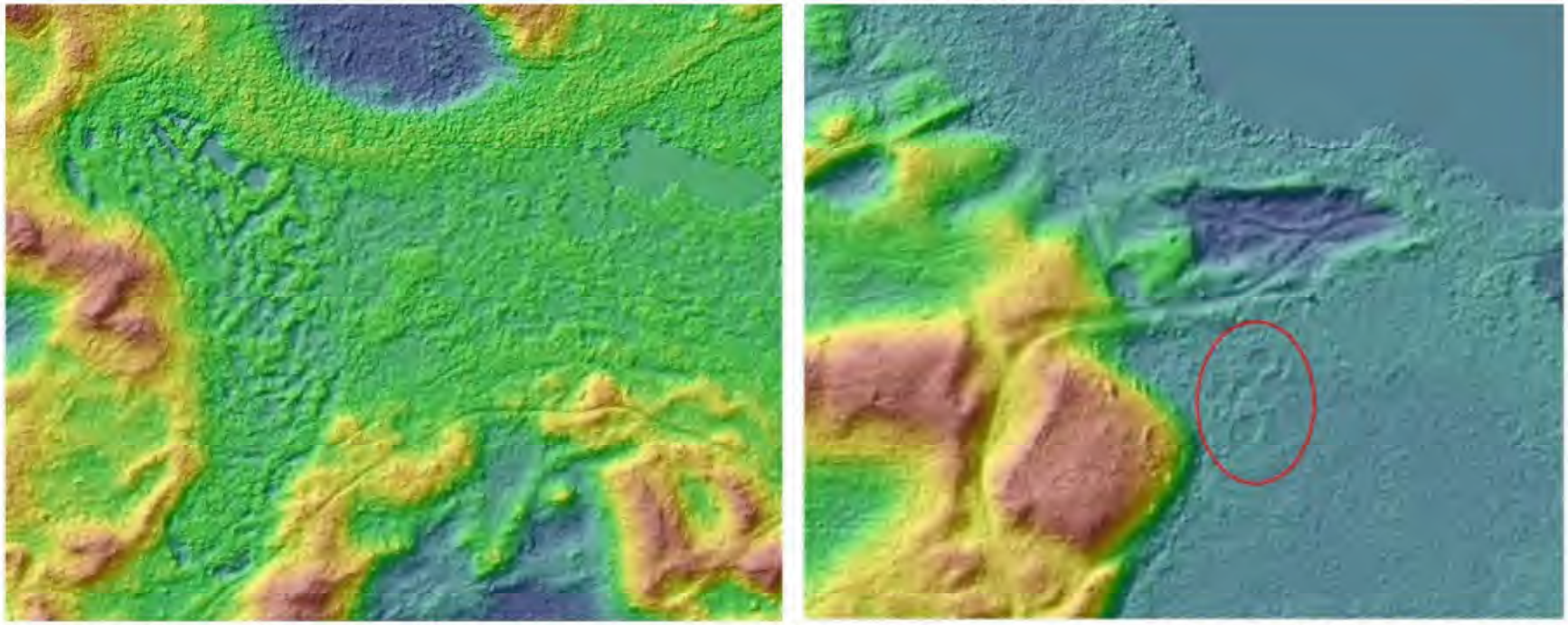
In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn historisch-topografische kaarten van de Veentjes opgenomen. Op de kaart uit 1860 is er een basisstructuur van de ontginning zichtbaar. Aan de noordkant werd deze Zeezerveld genoemd, aan de zuidkant het Eerderveld. Er zijn twee walsystemen zichtbaar die vrijwel haaks op elkaar staan: van zuidwest naar noordoost, en van zuidoost naar noordwest. Deze ontginningsstructuur, die in 1880 verder werd uitgebouwd[21], diende mogelijk om het stuifzand te beteugelen. De bosblokken op de kaart van 1900 sluiten min of meer aan op deze structuur, waarbij elders delen van heide aan het verbossen zijn zoals op de Besthmenerberg.

Het Dode ven wordt op het kaartbeeld van 1860 al omgeven door bos. Het is onbekend wanneer de Veentjes ongeveer hun huidige vorm kregen, maar in 1900 verschijnen ze voor het eerst op kaart. Rond 1930 is vrijwel de hele omgeving van de Veentjes bebost. Voorwijk & Hardjoprakoso (1945) geven aan dat het waterniveau van het Dode ven (toen als Dichteven aangeduid) in 1942 35 cm lager lag dan het Besthmenerven en werd ontwaterd. Tegenwoordig is de ontwatering van het Dode ven niet meer aanwezig en heeft het Besthmenerven een wat bredere zone van heide gekregen. Ondanks dat de ontwatering van het Dode ven pas in 1942 wordt benoemd, is de verwachting dat in alle drie de vennen turf gewonnen is. Bij het Zeesserven zijn de veenputten in het westen goed zichtbaar op de hoogtekaart en in het Dode ven zijn aan de westzijde de kluundellen goed te zien (Figuur 10). Het Dode ven bestaat in zijn geheel uit drijftillen, in het Besthmener- en Zeesserven komt open water voor met in de randen van de vennen een zone met vegetatie.

[21] www.topotijdreis.nl



Figuur 9: Besthmenerveentjes door de jaren heen (Esri Nederland).



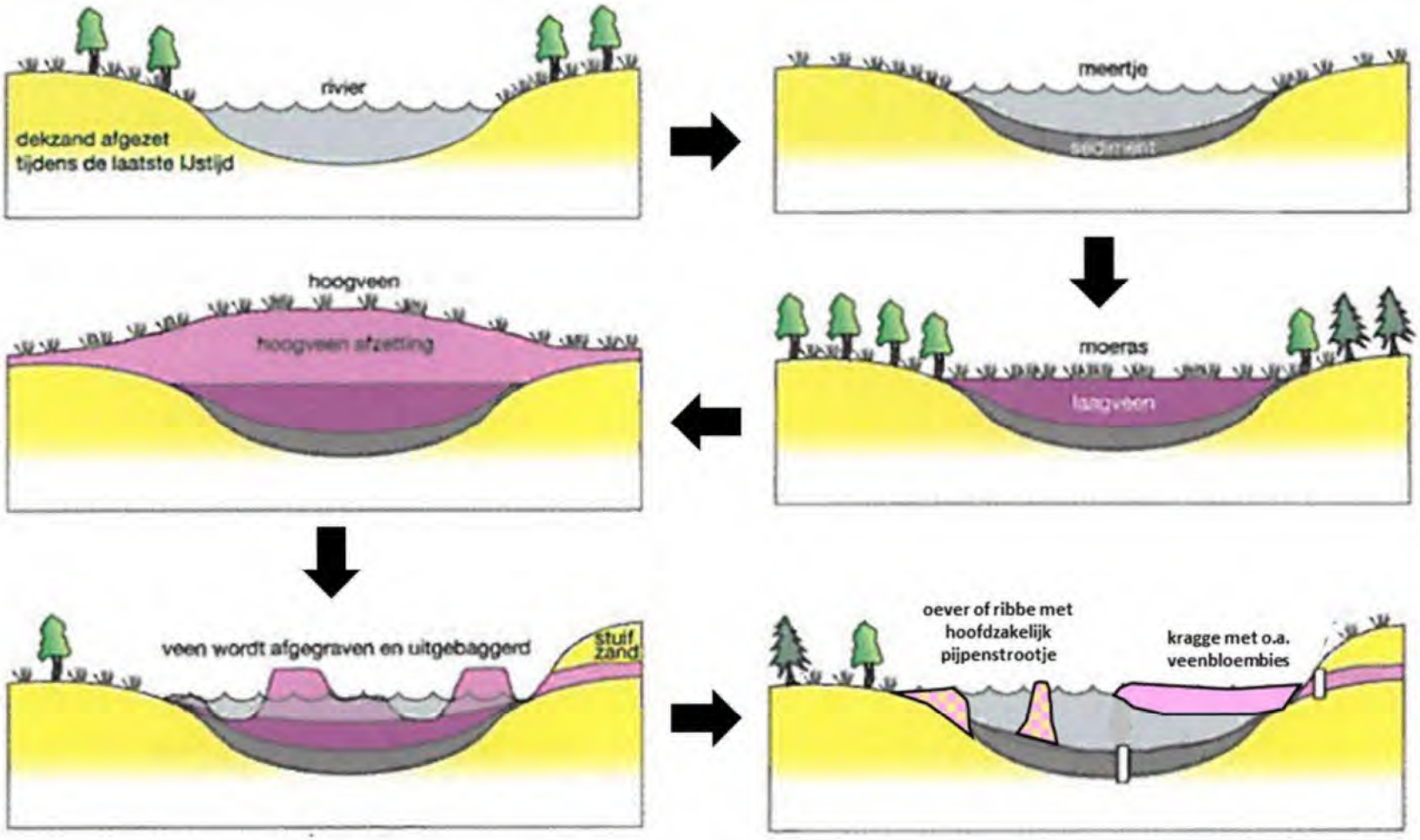
Figuur 10: Links: veenputten aan de westkant van het Zeesserven (blauwe vlekken). Rechts: kluungaten aan de westzijde van het Dode Ven (rood omcirkeld) (ondergrond: AHN3).

3.3 Conclusies ontstaansgeschiedenis

De ontstaansgeschiedenis van de Besthmenerveentjes valt samen met de geulrelicten van het oer-Reggesysteem. Vermoedelijk vond vanaf het Holoceen veenvorming plaats. Vanaf de middeleeuwen werd het bos schaars en was men voor brandstofvoorziening aangewezen op het steken van turf. Er ontstonden opnieuw meertjes, waarin op diverse plaatsen nog restveen aanwezig was. Dit bestond uit de gliedelaag en enkele plekken waar veen is blijven zitten.

Om dit veen te kunnen steken is het Dode ven ontwaterd. Vanaf 1974 is deze ontwatering niet meer op topografische kaarten weergegeven. Vermoedelijk leidde dit tot waterstandsstijging in het Dode ven en mogelijk ook in het Besthmenerven dat hiermee in contact staat. Waarschijnlijk is de vegetatie die na het steken van de turf is blijven zitten, gaan opdrijven en ontstonden er drijftillen. Figuur 11 en Foto 1 geven een impressie van de ontwikkeling.

Foto 1: Voorgrond drijftil/kragge met veenbloembies, op de achtergrond een ribbe met pijpenstrootje.



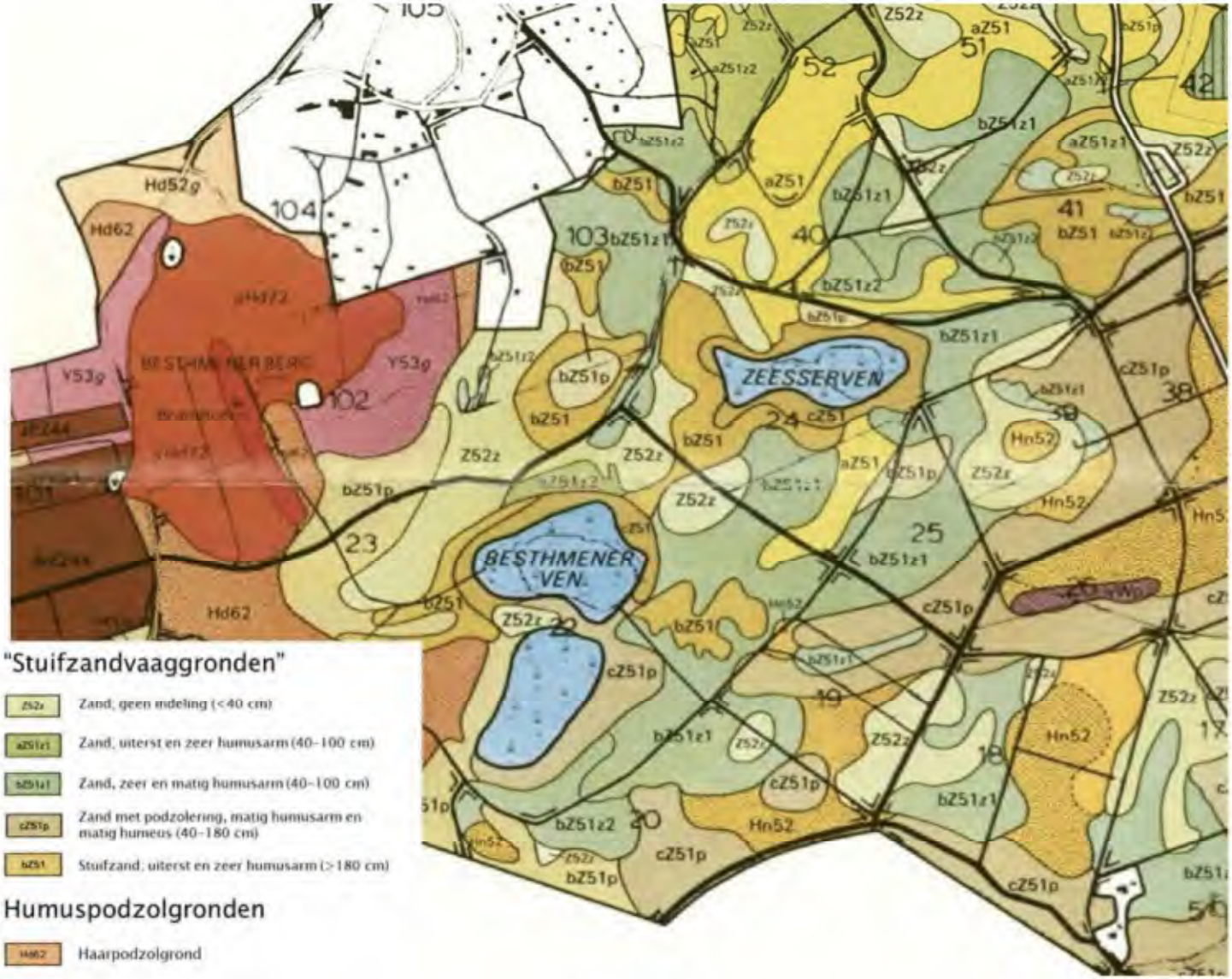
Figuur 11: Impressie van de ontwikkeling van de Besthmenerveentjes door de tijd, gebaseerd op de chronologie van de Bergvennen (Van Geel, 2005; bewerkt).

4 Fysisch-geografische kenmerken

4.1 Bodemkaart 1:10.000

Vrielink & Dirkx maakten in 1986 een bodemtypenkaart met een lokale typologie van de Boswachterij Ommen, schaal 1:10.000 (Figuur 12). Rondom de veentjes zijn diverse 'stuifzandvaaggronden' gekarteerd. Daarbinnen is variatie in beeld gebracht op basis van de dikte van het stuifzanddek (tussen haakjes in de legenda in Figuur 12) en de mate van humushoudendheid. Periodes met verstuivingen werden afgewisseld door rustigere fasen waarin geen zand werd verplaatst. In die rustigere fasen kon de vegetatie zich herstellen, waardoor de bodem rijker aan humus werd.

Over de aanwezigheid van verkitte lagen, gliede en veen onder het stuifzand is door Vrielink & Dirkx niets vermeld. De boringen zijn tot 180 cm-mv uitgevoerd, terwijl de meeste van deze lagen dieper liggen. In de volgende paragraaf zijn de aard en verspreiding van deze slecht doorlatende lagen in beeld gebracht middels diepere boringen.



Figuur 12: Bodemkaart 1:10.000 (Vrielink & Dirkx, 1986). De stuifzand

4.2 Slecht doorlatende lagen

Typen

Tijdens het boren in en rondom de drie Veentjes zijn drie soorten slecht doorlatende lagen aangetroffen: gliede, verkitte B-horizonten en fijnzandige lagen (Foto 2 & Foto 3). De **verkitte B-horizont** is een verdichte laag als gevolg van inspoeling van ijzer. Daarboven heeft zich een **gliedelaag** ontwikkeld. Deze volledig organische, schoensmeerachtige laag is ontstaan doordat organische stof door het veen spoelt en blijft hangen op de verkitte B (een gliedelaag kan dus niet voorkomen zonder aanwezigheid van een verkitte B-horizont).

Ten derde is op vier plekken een gebandeerde, **zeer fijnzandige laag** aangetroffen. Dat deze laag slecht doorlatend is, blijkt uit de roestverschijnselen boven deze laag: water stagneert, lost ijzer op en in aanraking met zuurstof ontstaat er deze 'pseudogley'. Waarschijnlijk is deze laag ontstaan in het Laat-Glaciaal. In smeltwaterstroompjes konden fijnzandige deeltjes bezinken, wat resulteert in een fijne bandering van fijner en grover zand. Naar verwachting is de laag niet erg sturend geweest voor het ontstaan van de veentjes en ook niet voor het huidige functioneren, met name vanwege de grote sturing door de verkitte B-horizont, hetgeen de grondradarbeelden verderop in de tekst zullen laten zien.

Foto 2: Gliede (bovenste laag, schoensmeerachtig) en verkitte B-horizont (onderste laag, volledig mineraal)

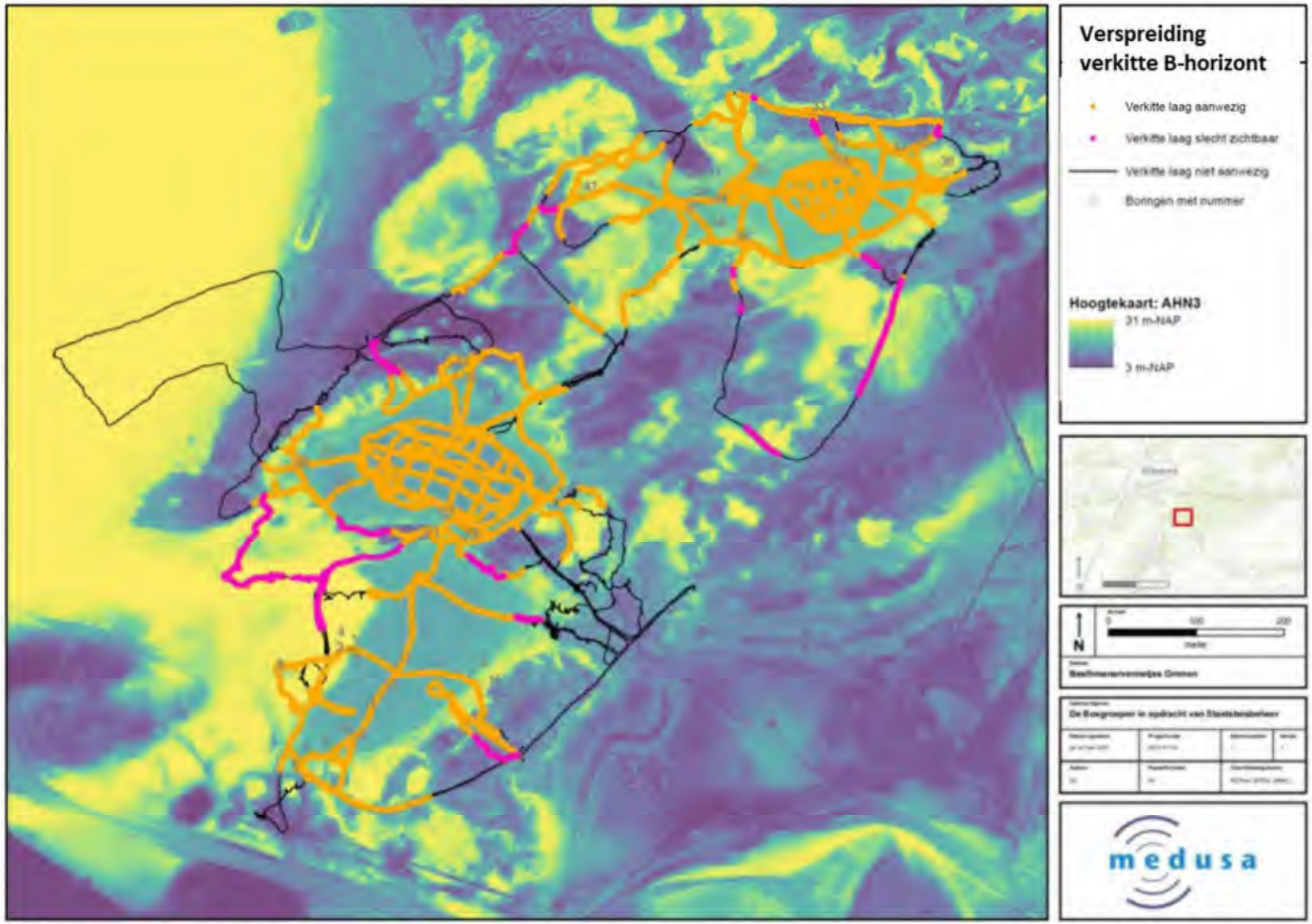
Foto 3: Gebandeerde zeer fijnzandige laag.

Verspreiding

Het voorkomen van de verschillende slecht doorlatende lagen is per boring weergegeven in Figuur 13. Bij alle boringen in de Veentjes is een verkitte B aangetroffen. Deze lijkt onder alle Veentjes door te lopen volgens het grondradaronderzoek (Figuur 14). De laag lijkt grofweg op te houden ter hoogte van de stuifzandwallen rond de veentjes. De bodems onder het Besthmenerven en Dode ven zijn aaneengesloten; het Zeesserven heeft een eigen voedingsgebied, zoals Bouwman & Horsthuis al vermoedden.[22] De fijnzandige laag is op vier plekken aangetroffen: ten oosten van het Dode ven en ten noorden en westen van het Besthmenerven.

Figuur 13: Voorkomen van gliedelagen, verkitte B-horizonten en/of zeer fijnzandige lagen.

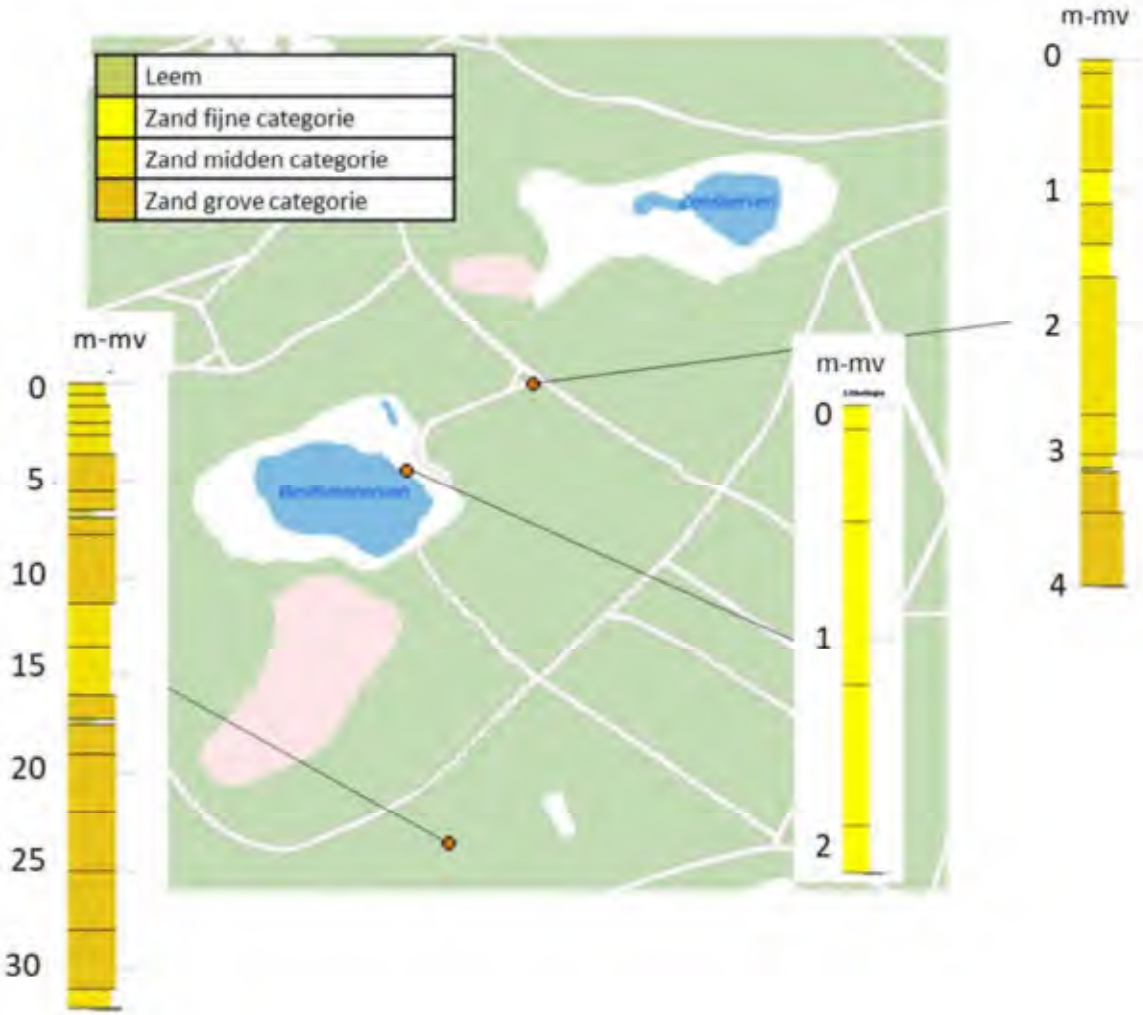
[22] Bouwman & Horsthuis, 2019 (in: Jansen & Grootjans, 2019).



Figuur 14: Verspreiding van de verkitte B-horizont (oranje). Op de roze lijnen is deze laag mogelijk ook aanwezig (slecht zichtbaar met grondradar).

4.3 Boorbeschrijvingen DINO-loket

In het DINO-loket zijn drie bodembeschrijvingen te vinden rondom de Veentjes (Figuur 15**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). De boring bij het Besthmenerven (binnen de 'venschotel') is 2 m diep en er is alleen fijn zand onderscheiden. De boring iets ten noord van 4 meter diepte laat gebandeerd fijn, midden fijn tot grof zand zien, en een heel dun leemlaagje op ca. 3 m-mv. De diepe boring tot 32 m ten zuidoosten van het Dode ven geeft hetzelfde beeld, met dunne leemlaagjes op ca. 6 en 17 m-mv.



Figuur 15: Boorbeschrijvingen DINO-loket.

4.4 Dwarsprofielen

Medusa heeft vijf profielen uitgewerkt op basis van de grondradargegevens. De ligging van de profielen is weergegeven in Figuur 3.

1: Zeesserven west-oost

Figuur 16 laat de doorsnede van west naar oost door het Zeesserven zien. De grondradar heeft de ondergrond tot ca. 2,5-3 meter diepte in beeld kunnen brengen. Aan de west- en oostzijde zijn oeverwallen zichtbaar. Daartussen ligt het Zeesserven. De bodemopbouw onder het Zeesserven is gelaagd. De basis bestaat uit een verkitte B-horizont (oranje) op ca. 5 m+NAP. Daar bovenop ligt een "moerige laag" (rood), uit de boringen blijkt dat het hier om gliede gaat. Daarboven ziet het Zeesserven er in het westen en oosten anders uit:

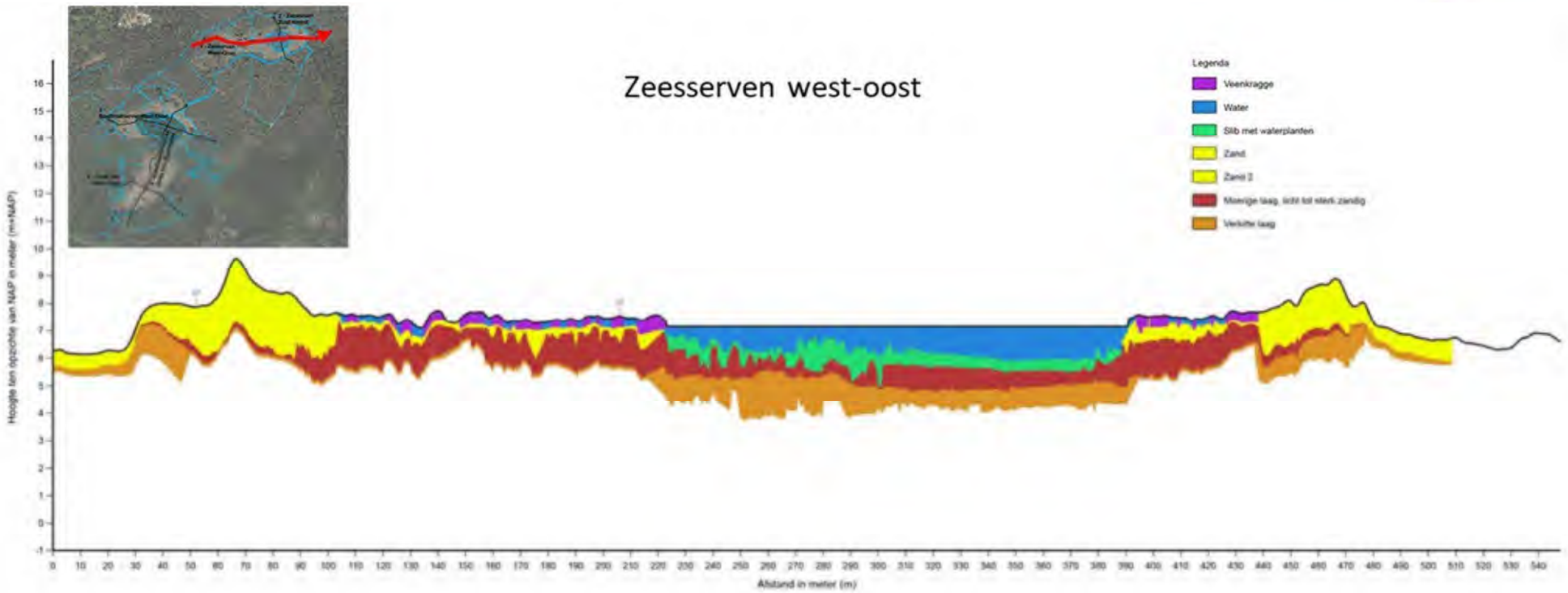
- In het westen is de bodem relatief ondiep. De gliedelaag is afgedekt met een laagje zand. Dit is na gedeeltelijke ontvening vanuit de omgeving in het ven gestoven (locaties 34, 37, 39, 41,42, 45, 47). daarboven is veen aanwezig, met gaten erin. Dit is het gevolg van veenontginning, de veenputten zijn ook goed zichtbaar op de hoogtekaart (Figuur 10 in paragraaf 3.2).
- Het oosten van het Zeesserven is dieper, dit deel bestaat uit open water en op de bodem 'slib met waterplantresten' (groen).

De verkitte B-horizont vormt een soort schotel onder het Zeesserven. De verkitting loopt volgens de doorsneden ook buiten schotel door en vormen een opstaande rand onder de oeverwallen. De verkitte B 'duikt' buiten de oeverwallen omlaag. Het niveau van het water of veenkragge (drijftil) komt ongeveer overeen met de bovenkant van de gliedelaag (7,3 m+NAP).[23]

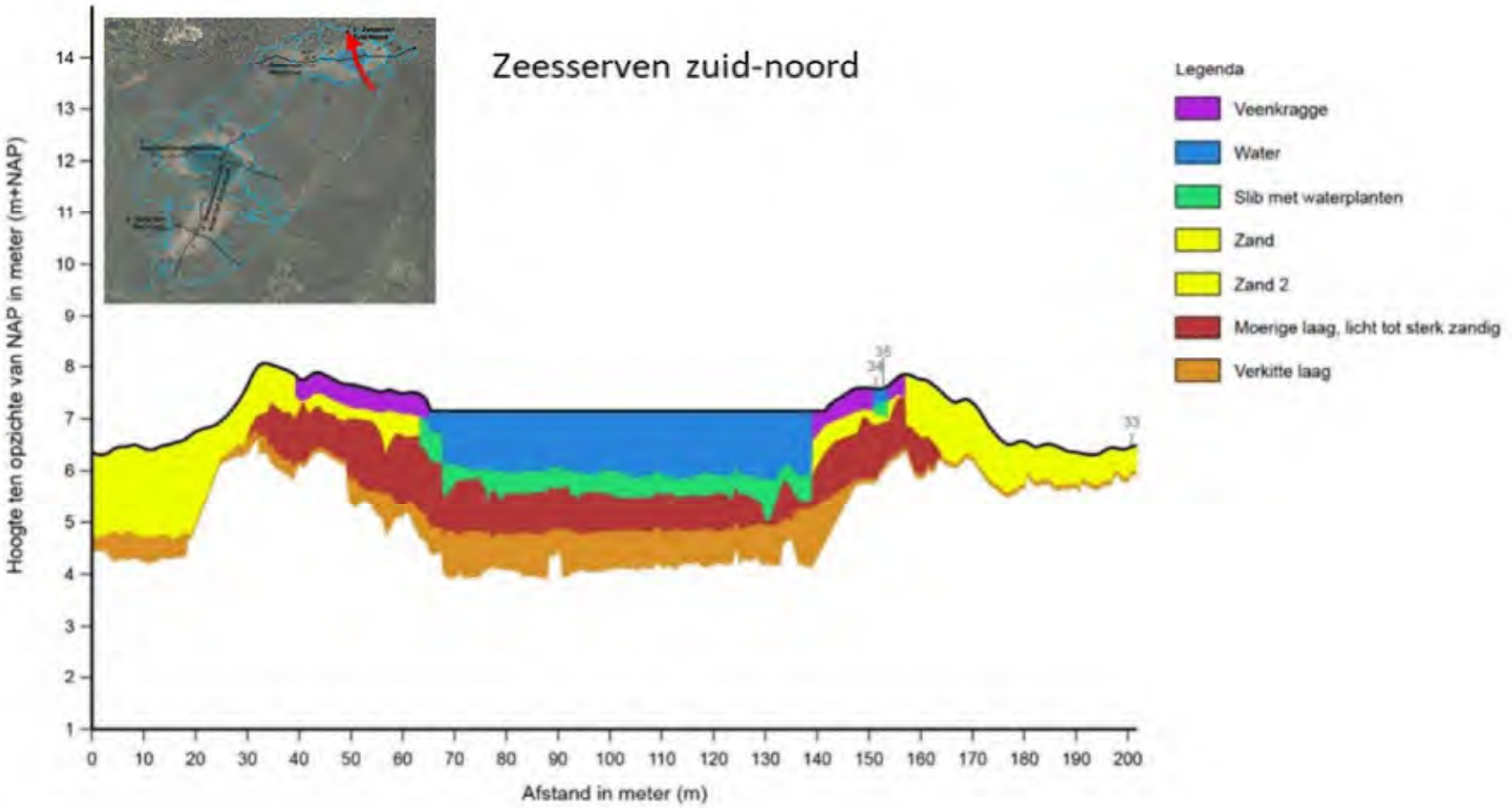
2: Zeesserven zuid-noord

Dwarsprofiel 2 gaat door de oostzijde van het Zeesserven (open water), van zuid naar noord (Figuur 17). Het profiel laat duidelijk de opstaande randen van de verkitte B-horizont en gliedelaag aan de noord- en zuidkant van het Zeesserven zien. Boring 33 in het oosten bevestigt de aanwezigheid van een (zwak) verkitte B-horizont buiten de oeverwallen.

[23] Ingemeten t.o.v. NAP op 27 mei 2021 met een Trimble TSC3.



Figuur 16: Dwarsprofiel van west naar oost door het Zeesserven (uit: Ceulemans, 2021; Bijlage 1).



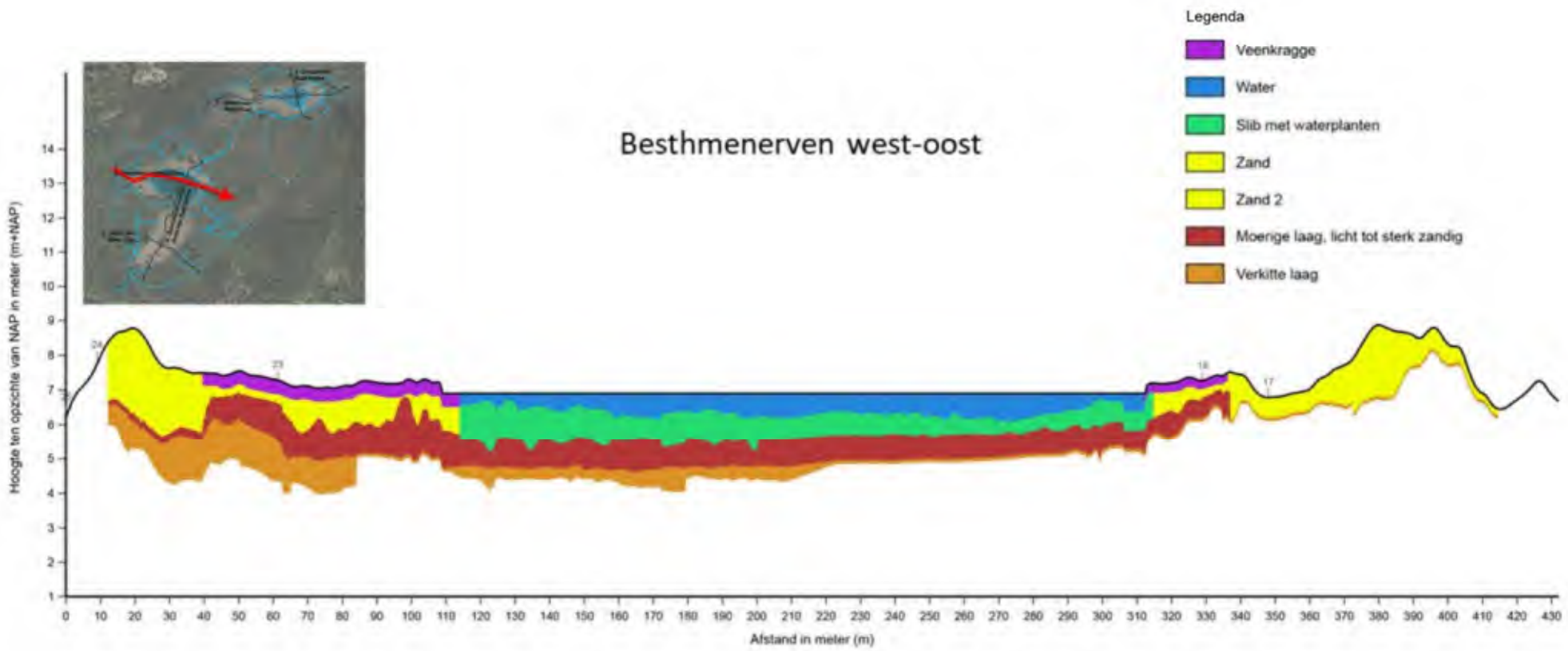
Figuur 17: Dwarsprofiel van zuid naar noord door het Zeesserven (uit: Ceulemans, 2021; Bijlage 1).

3: Besthmenerven west-oost

Figuur 18 laat de doorsnede van west naar oost door het Besthmenerven zien. Ook hier heeft de grondradar de ondergrond tot maximaal 3 meter diepte in beeld kunnen brengen. Aan de west- en oostzijde zijn weer de oeverwallen zichtbaar. De bodemopbouw van het Besthmenerven lijkt op dat van het Zeesserven: een verkitte B-horizont als basis (op wederom ca. 5 m+NAP), bedekt met een moerig laag, bestaande uit gliede. Ook het Besthmenerven bestaat in het westen uit een veenkragge/drijftil, hoewel hier geen of veel minder veenputten aanwezig zijn dan in het Zeesserven. De oostzijde bestaat uit open water.

Ook hier vormt de verkitte B-horizont een soort schotel, met opstaande randen onder de oeverwallen, en loopt de verkitting ook buiten de schotel door. De verkitte B onder het Besthmenerven is in het dwarsprofiel plaatselijk vrij dun weergegeven, in werkelijkheid kan de laag dikker zijn (maar reikt de grondradar niet zo diep). Het niveau van het water of veenkragge (drijftil) komt ongeveer overeen met de bovenkant van de gliedelaag. Ten tijde van het onderzoek was de waterstand 7,1 m+NAP, 20 cm lager dan het Zeesserven.[24]

[24] Ingemeten t.o.v. NAP op 27 mei 2021 met een Trimble TSC3.



Figuur 18: Dwarsprofiel van west naar oost door het Besthmenerven (uit: Ceulemans, 2021; Bijlage 1).

4: Besthmenerven en Dode ven zuid-noord

Figuur 19 laat het dwarsprofiel zien van zuid naar noord door het Dode ven en Besthmenerven. Net Dode ven heeft net als het Zeesserven en Besthmenerven een verkitte B-horizont met gliede als basis. Deze 'schotels' zijn met elkaar verbonden, blijkt uit het dwarsprofiel. In tegenstelling tot wat het dwarsprofiel laat zien, komt er in het Dode ven geen volledig open water voor. In de winter plaatselijk ca. 30 cm op de kragge, wat door de grondradar waarschijnlijk is vertekend tot een waterlaag. De zandlaag op de bodem van het Dode ven is eveneens niet aangetroffen (boring 10 en 12). Het bleek uit onsamenhangend moerig materiaal te bestaan. Bij het Besthmenerven was wel zand onder het veen aanwezig (boring 18, 20, 23 en 26). Vermoedelijk was het westelijke deel van het Besthmenerveen ontveend en is later stuifzand vanuit de omgeving in het ven gewaard. Na gedeeltelijke opvulling met stuifzand heeft zich in deze randzone een kraggevegetatie gevormd.

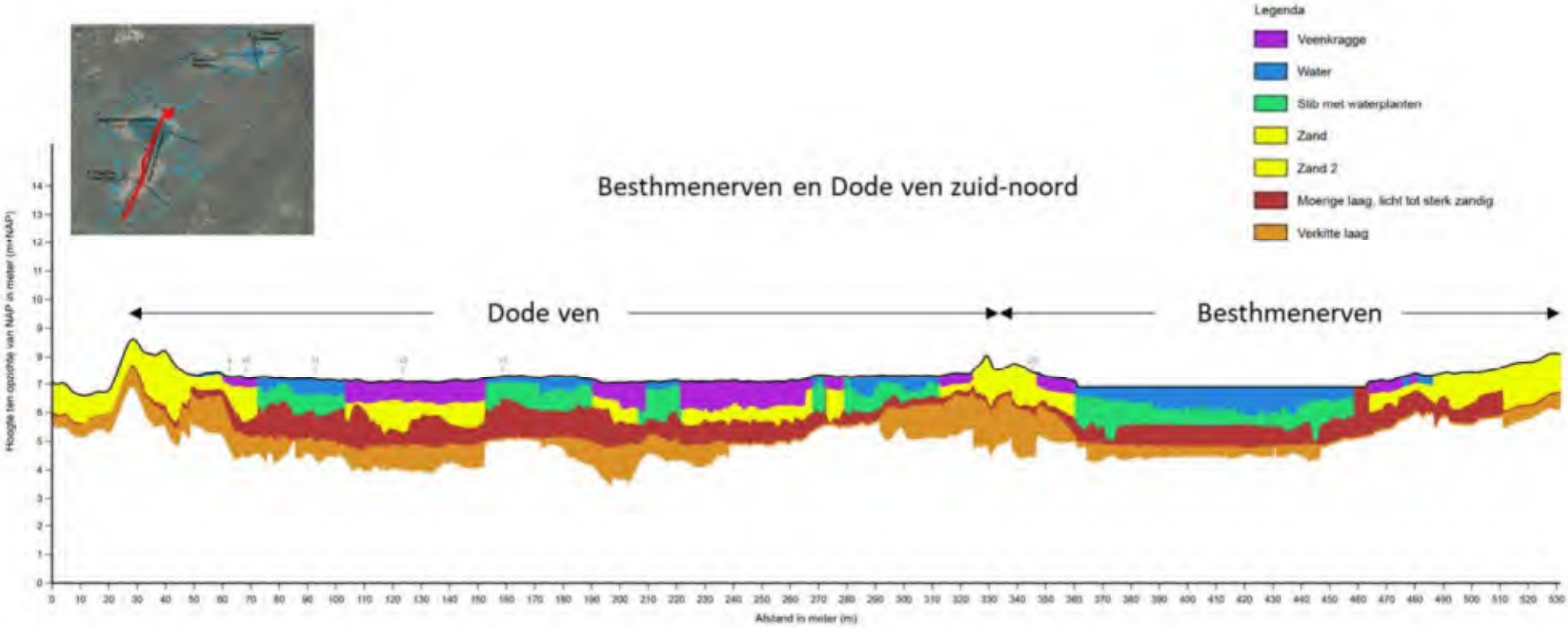
De waterstand in het Dode ven was ten tijde van het onderzoek ca. 7,2 m+NAP en daarmee 10 cm hoger dan in het Besthmenerven.[25] Op de overloop tussen beide vennen kan periodiek water vanuit het Dode ven naar het Besthmenerven stromen.[26] Overlopen zijn in het veld te herkennen door zones met pijpestrootje. Vanuit het Besthmenerven loopt overtollig water over de overloop (ca. 6,9 m+NAP[27]) in het noorden het lager gelegen bos in (Foto 4).

Foto 4: Overloop vanuit het Besthmenerven (voorgrond) naar het lagergelegen bos (achtergrond; bij boorzak).

[25] Ingemeten t.o.v. NAP op 27 mei 2021 met een Trimble TSC3.

[26] Zoals verwacht door Bouwman & Horsthuis in Jansen & Grootjans, 2019.

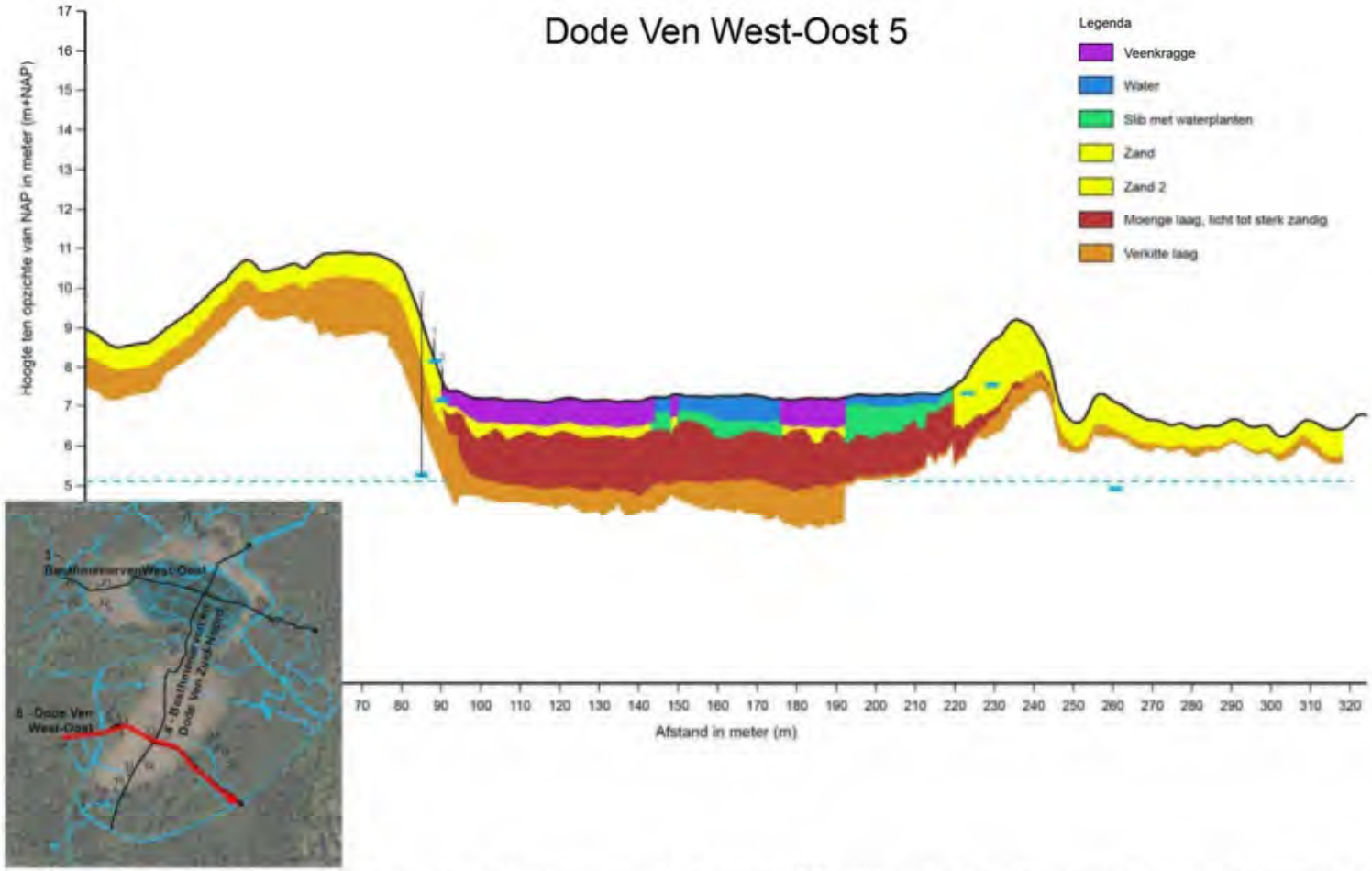
[27] Ingemeten t.o.v. NAP op 27 mei 2021 met een Trimble TSC3.



Figuur 19: Dwarsprofiel van noord naar zuid door het Besthmenerven en Dode ven. De nummers van de boringen zijn weergegeven in de doorsnede (uit: Ceulemans, 2021; Bijlage 1). In het Dode ven komt geen open water voor, maar staat in de winter plaatselijk ca. 30 cm op de kragge. Dit is in het radarbeeld waarschijnlijk vertekend tot een waterlaag (blauw).

5: Dode ven west-oost

Het dwarsprofiel van het Dode ven (Figuur 20) laat zien hoe de verkitte B-horizont doorloopt onder het hoge stuifduin ten westen van het ven. Vanwege de ligging van het Dode ven onder een hoog stuifduin, was er de vraag of er opbolling van water in dat duin waargenomen kon worden. Daarom zijn in het dwarsprofiel de gemeten waterstanden in de boorgaten weergegeven. Onderaan het stuifduin zijn de waterstanden iets hoger dan in het Dode ven, wat wijst op capillaire opstijging. Hoger op het stuifduin (meest westelijke boring buiten de verkitte zone) is echter weer een lagere waterstand gemeten. Dit betekent dat de vennen een eigen hydrologisch systeem hebben. . Waarschijnlijk ontstaan deze hogere waterstanden puur en alleen door capillaire werking. In steil en hoog reliëf levert dit een relatief groot potentiaalverschil op, waardoor periodiek toestroming plaatsvindt vanuit de rug richting het ven en er tevens enige mineralenbuffering plaatsvindt. Dit leidt tot iets hogere EGV-waarden van het water aan de westzijde van het Dode ven (zie paragraaf 4.5).

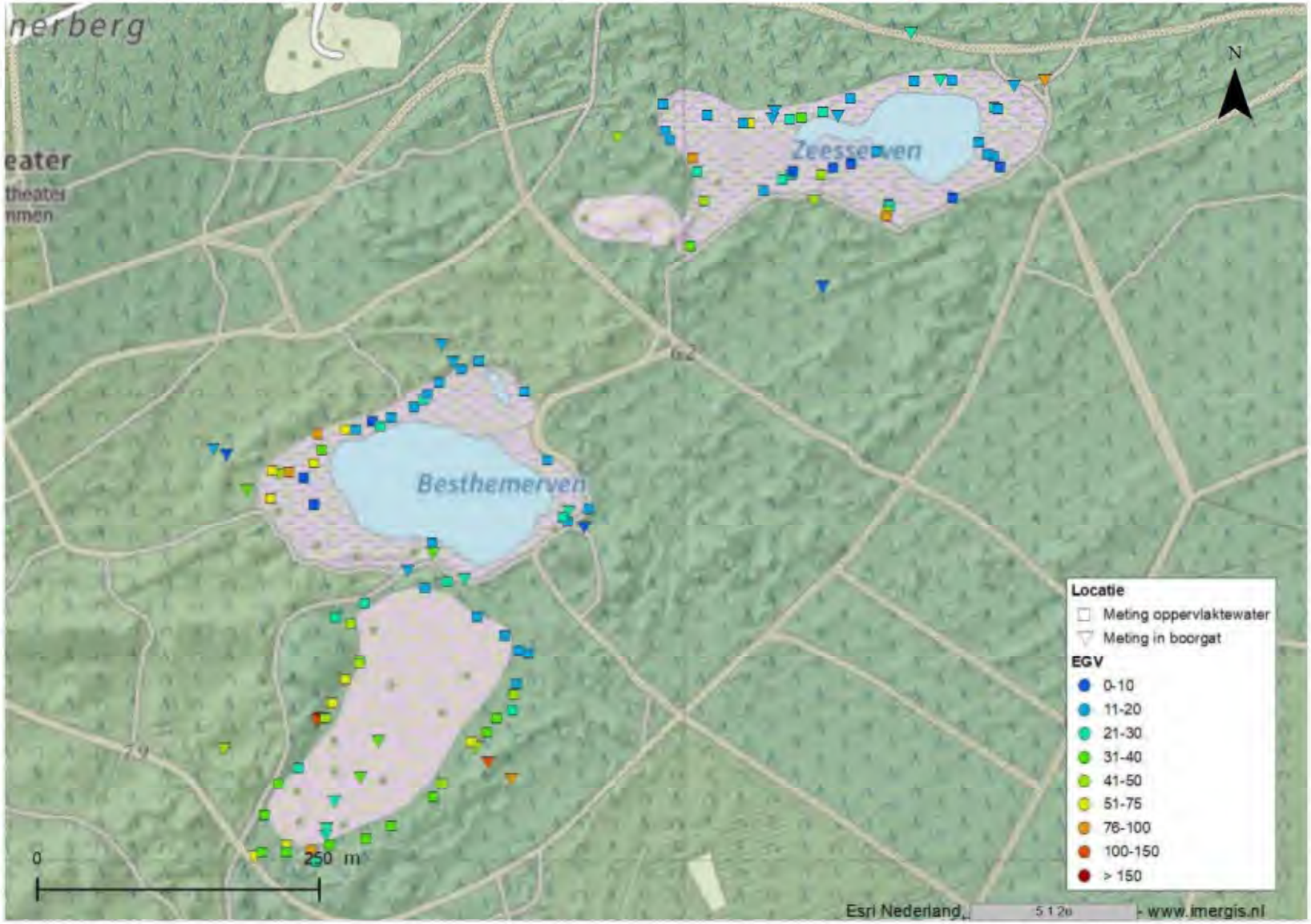


Figuur 20: Dwarsprofiel van west naar oost door het Dode ven (uit: Ceulemans, 2021; Bijlage 1). Met blauwe streepjes is de waterstand in de boorgaten weergegeven. De blauwe stippellijn toont de waterstand onder de verkitte laag in de boorgaten. Aan de west- en oostzijde zijn de waterstanden iets hoger dan het Dode ven (zie tekst voor toelichting).

4.5 EGV en pH

Op 21 januari (Dode ven) en 25/26 maart (Besthmenerven en Zeesserven) 2021 is het EGV (elektrisch geleidingsvermogen) gemeten van het oppervlaktewater. Dit is gedaan om te onderzoeken of invloed van lokaal grondwater aan de rand van de vennen kon worden aangetoond. Ook zijn de pH- en EGV-waarden van het grondwater in de boorgaten gemeten (Figuur 21). Om te beginnen zijn alle waarden betrekkelijk laag, veelal lager dan 100 µS/cm. Dit duidt op regenwaterkwaliteit. Wel is er variatie. Relatief hoog zijn de waarden ten westen van het Besthmenerven, aan de zuidkant van het Zeesserven en rondom het Dode ven (met uitzondering van de noordzijde). Deze relatief hoge waarden lijken samen te vallen met de ligging van de ruggen rondom de vennen. Aan de voet van het hoge stuifduin ten westen van het Dode ven zijn zelfs waarden van 193 en 286 µS/cm gemeten in de boorgaten, deze waarden passen bij zwak gebufferd grondwater.

De pH van het water in de boorgaten weergegeven in Figuur 22. Het water in de Veentjes is met een pH van 5-6,5 matig tot zwak zuur. Rondom de vennen zijn plaatselijk hogere pH-waarden gemeten, van 5,5-7. De locatie van deze hoge pH-waarden lijkt net als de hoge EGV-waarden samen te vallen met de ruggen rondom de vennen: de noordkant van het Zeesserven en de westkant van het Dode ven. De hoogste waarde, pH 7, is gemeten op het stuifduin ten westen van het Dode ven, waar eveneens een relatief hoge EGV-waarde is gemeten.
De pH van het water is hier ook hoog vergeleken met de omgeving: 7 versus 4-6 (Figuur 22).



Figuur 21: EGV van het oppervlakte- en grondwater in µS/cm, gemeten in januari (Dode ven) en maart (Besthmenerven en Zeesserven) 2021.

Figuur 22: pH van het (grond)water ter hoogte van de boringen,, gemeten in januari (Dode ven) en maart (Besthmenerven en Zeesserven) 2021.

5 Conclusies

5.1 Antwoord op de onderzoeksvragen

Hieronder worden de twee onderzoeksvragen beantwoord, om het functioneren van de Besthmenerveentjes scherp te krijgen.

1. Hoe heeft het landschap (en de bodem) zich historisch gezien ontwikkeld in de boswachterij Ommen? Wat zijn de consequenties van deze ontwikkeling voor het geohydrologische functioneren van de Veentjes?

De ontstaansgeschiedenis van de Besthmenerveentjes valt samen met de geulrelicten van het oer-Reggesysteem. Vermoedelijk vond vanaf het Holoceen veenvorming plaats. Vanaf de middeleeuwen werd het bos schaars en was men voor brandstofvoorziening aangewezen op het winnen van turf. Er ontstonden opnieuw meertjes met plaatselijk nog restveen. Langs westelijke delen van deze meertjes (vennen) waaide stuifzand in en ontwikkelde zich opnieuw veen. Om veen te kunnen steken is in het verleden het Dode ven en via een verbindingssloot ook het Besthmenerven ontwaterd. Vanaf 1974 is deze ontwatering vervallen of gedempt, waardoor het water steeg. Waarschijnlijk is het restveen dat na het winnen van de turf is blijven zitten, gaan opdrijven. Zo ontstonden er drijftillen/veenkragges die door de tijd steeds verder uitgroeiden. Het systeem heeft zich sindsdien steeds verder vernat, waardoor langs de venranden bomen zijn afgestorven.

2. Is er bij het schijngrondwatersysteem ook sprake van voeding uit een intrekgebied, hoe groot is dit systeem en hoe beïnvloedt het de hydrologie van de Veentjes?

Er zijn geen aanwijzingen dat de veentjes worden gevoed door water vanuit de ondergrond. De veentjes liggen in een schotel van sterk verkitte B-horizonten en gliede, waardoor ze een eigen hydrologisch systeem vormen. De grondwaterstand onder de verkitte B-horizont ligt veel lager. Aan de voet van het steile stuifduin aan de westkant Dode ven is een hogere waterstand gemeten dan in het Dode ven zelf. Dit is vermoedelijk het gevolg van capillaire werking. In steil en hoog reliëf levert dit een relatief groot potentiaalverschil op, waardoor periodiek toestroming van grondwater plaatsvindt vanuit deze rug richting het ven en daarmee ook enige mineralenbuffering plaatsvindt.

Aanvullend op de onderzoeksvragen zijn beelden ontstaan over de kenmerken van de groeiplaatsen met veenbloembies. Deze komen voornamelijk voor op kragges. Deze kragges zijn vermoedelijk ontstaan doordat restveen (na turfwinning) ging opdrijven en dus te danken aan menselijk handelen. Bewijs hiervoor ontbreekt echter. Het Dode ven bestaat grotendeels uit een kragge, evenals de westzijde van het Besthmener- en Zeesserven. De greppelstructuur ten behoeve van de ontginning van het Dode ven is aan de zuidkant van het ven aangetroffen. Deze is verdwenen

(grotendeels gedempt) en voert nu geen water meer af. Aan de randen zoals bij het Zeeserven is een afwisseling van veenputten en veenrestanten aanwezig. Het leidde door successie tot een afwisseling van drijftillen en vegetatie op vaste bodem (vooral pijpenstrootje). Bij het Dode ven is de vegetatie in zijn geheel gaan opdrijven. Vermoedelijk komt dit doordat de waterstand is vrij snel is gestegen door het dempen van de afvoersloot vanaf 1974 en de vegetatiemat hier is losgescheurd van de gliedelaag.

Uit dit onderzoek is tevens naar voren gekomen dat de verkitte B onder het Dode ven en Besthmenerven één geheel vormen. In de huidige situatie is er in de winter op de overloop tussen beide vennen periodiek toestroming vanuit het Dode ven naar het Besthmenerven, zoals ook aangegeven door Bouwman & Horsthuis.[28] Vanuit het Besthmenerven loopt overtollig water over de rand in het noorden het lager gelegen bos in. Het Zeesserven heeft net als de andere twee Veentjes een 'schotel' van verkitte B en gliede als basis, maar deze vormt een eigen systeem.

5.2 Evaluatie methodiek

Dit onderzoek laat de waarde zien van de combinatie van verkennend booronderzoek, geofysisch onderzoek en het verifiëren van de radarbeelden middels (diepe) boringen. Als eerste is begonnen met boringen in en rondom de Veentjes om de diversiteit aan (slecht doorlatende) bodemlagen in beeld werd gebracht. Hiermee ontbrak echter de ruimtelijke verspreiding van die lagen. Het terrein bleek uiteindelijk efficiënt in te meten met grondradar, door gebruik van een kano waarmee de grondradar door open water en over kragges kon worden vervoerd. Vervolgens zijn diverse locaties aangedragen door Medusa voor aanvullend veldbodemkundig onderzoek, om de aard van bepaalde lagen te verifiëren. Middels deze combinatie van gegevens konden de fysische kenmerken en de ontstaanswijze worden doorgrond.

[28] Bouwman & Horsthuis, 2019.

Literatuur

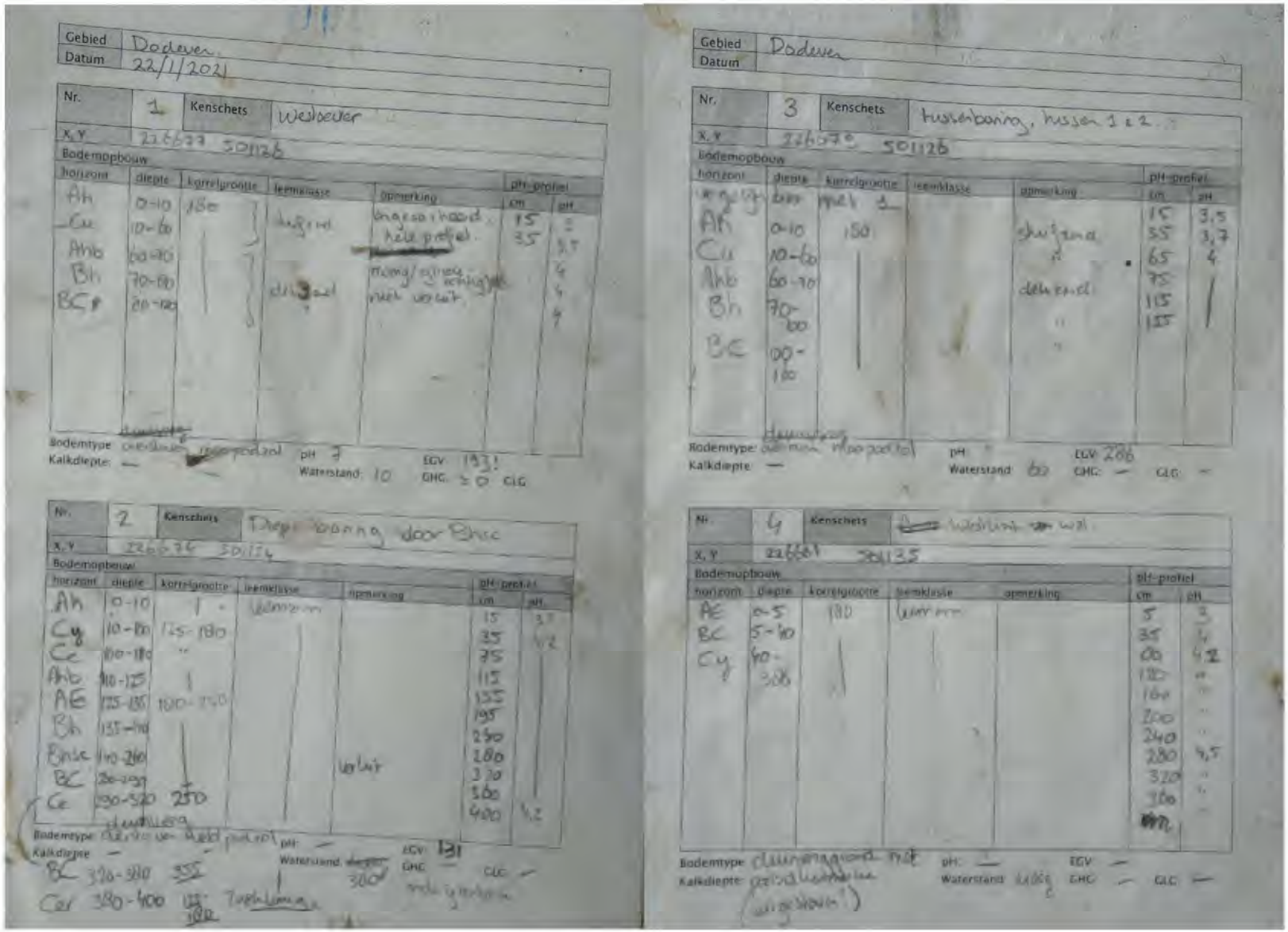
- Bakker H. de & J. Schelling, 1989. Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus. Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie. Wageningen-1989.
- Bakker, M.A.J., Den Otter, C. Weerts, H.J.T. 2003. Formatie van Drente. Beschrijving lithostratigrafische eenheid. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO. Utrecht.
- Bell, J.S. & J.W. Van 't Hullenaar, 2013. Ecohydrologisch herstel natuurgebied Eerde. Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau, Zwolle.
- Bosch, J.H.A. 2003. Formatie van Peize. Beschrijving lithostratigrafische eenheid. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO. Utrecht.
- Bouwman, J., M.A.P. Horsthuis & A.J.M. Jansen (2019). Mosterdveen en Besthmenerveentjes: De laatste veentjes met Veenbloembies in Nederland. In: Hoogvenen. Landschapsecologie, behoud, beheer en herstel, onder redactie van A.J.M. Jansen & A. Grootjans. Noordboek Natuur. 392 pp.
- Bronk Ramsey, C., 2021. Methods for Summarizing Radiocarbon Datasets. Radiocarbon, 59(2).
- Cate J.A.M. ten, A.F. Holst, H. Kleijer & J. Stolp, 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften. Deel A: bodem. Technisch document 19A. Wageningen (The Netherlands), 1995.
- Busschers, F.S., Weerts, H.J.T. 2003. Formatie van Kreftenheye. Beschrijving lithostratigrafische eenheid. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO. Utrecht.
- Ceulemans, S, 2021. Besthmenerveentjes Ommen: ligging van ondoordringbare lagen in het Zeesserven, Besthmenerven en Dode ven. Rapport 2021-P-702, Medusa, Groningen.
- Geel, B. van., 2005. Bergvennen als archief van het landschap. Natuurlijk Overijssel 2005.
- Kieskamp, A.A.M., A.J.M. Jansen, J. Sevink & A.T.W. Eysink, 2015. Hydro-ecologische systeemanalyse Beerzerveld - De noodzaak van interne en externe maatregelen. Unie van Bosgroepen.
- Leeuwen, R. van & B. Takman, 1997. De vegetatie van de Meertjes in de Boswachterij Ommen. Basisvegetatiekartering 1997. Vergelijking met oude vegetatiegegevens en beheersaanbevelingen.
- Neefjes J., O. Brinkkemper, L. Jehee & W. van de Griendt (eds)., 2011. Cultuurhistorische atlas van de Vecht: Biografie van Nederlands grootste kleine rivier WBOOKS.
- Norda, L., M. Koopmans, W. Beekman, H.J.W. Vermeulen, A. Woldering, D. Maes & R. Van Diggelen, 2019. Omgang met boszones rond heideveentjes. OBN-rapport, VBNE, Driebergen.

- Provincie Overijssel, 2017. Natura 2000 Gebiedsanalyse voor de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS). Vecht- en Beneden-Reggegebied.
- Reimer P.J., E. Bard, A. Bayliss, J. Warren Beck, P.G. Blackwell, C. Bronk Ramsey, C.E. Buck, H. Cheng, R. Lawrence Edwards, M. Friedrich, P.M. Grootes, T.P. Guilderson, H. Haflidason, I. Hajdas, C. Hatte, T. J. Heaton, D.L. Hoffmann, A. G. Hogg, K.A. Hughen, K.F. Kaiser, B. Kromer, S.W. Manning, M. Niu, R.W. Reimer, D.A. Richards, E.M. Scott, J.R. Southon, R.A. Staff, C.S.M. Turney, J. van der Plicht, 2013. Intcal13 and marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. Radiocarbon, Vol 55, Nr 4.
- Schokker, J, F.D. de Lang, H.J.T. Weerts, C. den Otter & S. Passchier, 2005. Beschrijving lithostratigrafische eenheid. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO. Utrecht.
- Sevink, J., A.A.M. Kieskamp, N. Willemse, A.T.W. Eysink, A.J.M. Jansen, 2017. Beerzerveld: implicaties van landschapsgeschiedenis voor herstel en beheer. Levende Natuur, 118(3), 85-89.
- Stouthamer, E., K.M. Cohen & W.Z. Hoek, 2015. De vorming van het land. Geologie en geomorfologie. Fysische geografie van Nederland. Utrecht.
- Vos, P., M. van der Meulen, H. Weerts & J. Bazelmans 2018: Atlas van Nederland in het Holoceen. Landschap en bewoning vanaf de laatste ijstijd tot nu, Amsterdam (Prometheus).
- Voorwijk, G.H. & S. Hardjoprakoso, 1945. De vennen te Eerde bij Ommen. Tijdschr. KNAG (2) LXII-2; pp. 105-117.
- Vrielink J.G. & G.H.P. Dirkx, 1986. De bodemgeschiktheid voor bosbouw en de te verwachten bosgemeenschappen in de boswachterij Ommen. Een bodem- en vegetatiekartering. Stichting voor Bodemkartering, rapportnummer 1799.

Bijlagen

Bijlage 1: Rapportage Medusa (aparte bijlage)
Bijlage 2: Scans boorformulieren

Bijlage 2 **Scans boorformulieren**



Gebied Dodever.
Datum 22/1/2021

Nr. 1 Kenschets Weisoever
X, Y 226677 501126
Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
Ah	0-10	150			15	
Cu	10-60				35	
Ahb	60-70					
Bh	70-80					
BC	80-120					

Bodemtype
Kalkdiepte: —
pH 7 EGV 193!
Waterstand: 10 GHG: ± 0 GLG

Nr. 2 Kenschets Diepe boring door Bhc
X, Y 226636 501154
Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
Ah	0-10	1			15	
Cy	10-80	125-180			35	
Cc	80-110				75	
Ahb	110-125	1			115	
AE	125-135	180-250			135	
Bh	135-140				195	
Bhbc	140-280				280	
BC	280-299				320	
Cc	290-320	250			400	

Bodemtype
Kalkdiepte: —
pH: — EGV 131
Waterstand: GHG: — GLG: —
BC 320-380 355
Cer 380-400 Toelichting

Gebied Dodever
Datum

Nr. 3 Kenschets tussenboring, tussen 1 & 2
X, Y 226670 501126
Bodemopbouw

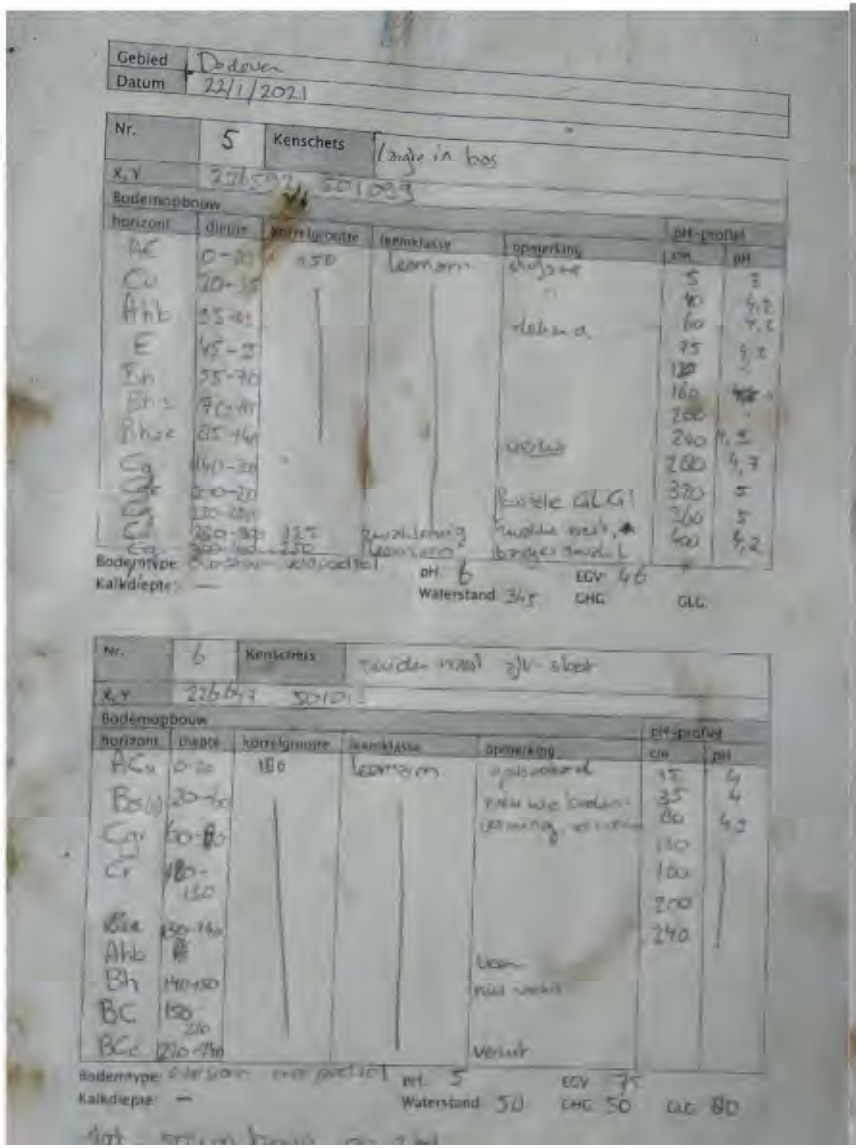
horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
Ah	0-10	150			15	3,5
Cu	10-60				55	3,7
Ahb	60-90				65	4
Bh	70-80				75	
BC	80-100				115	
					135	

Bodemtype
Kalkdiepte: —
pH: EGV 286
Waterstand: 60 GHG: — GLG: —

Nr. 4 Kenschets
X, Y 226681 501135
Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
AE	0-5	180			5	
BC	5-60				35	
Cy	60-300				60	4,2
					120	
					160	
					200	
					240	
					280	4,5
					320	
					360	

Bodemtype
Kalkdiepte:
pH: — EGV —
Waterstand: GHG: — GLG: —



Gebied: Dodewaard
Datum: 22/1/2021

Nr. 5 Kenschets: langs in bos
X, Y: 226593 501099

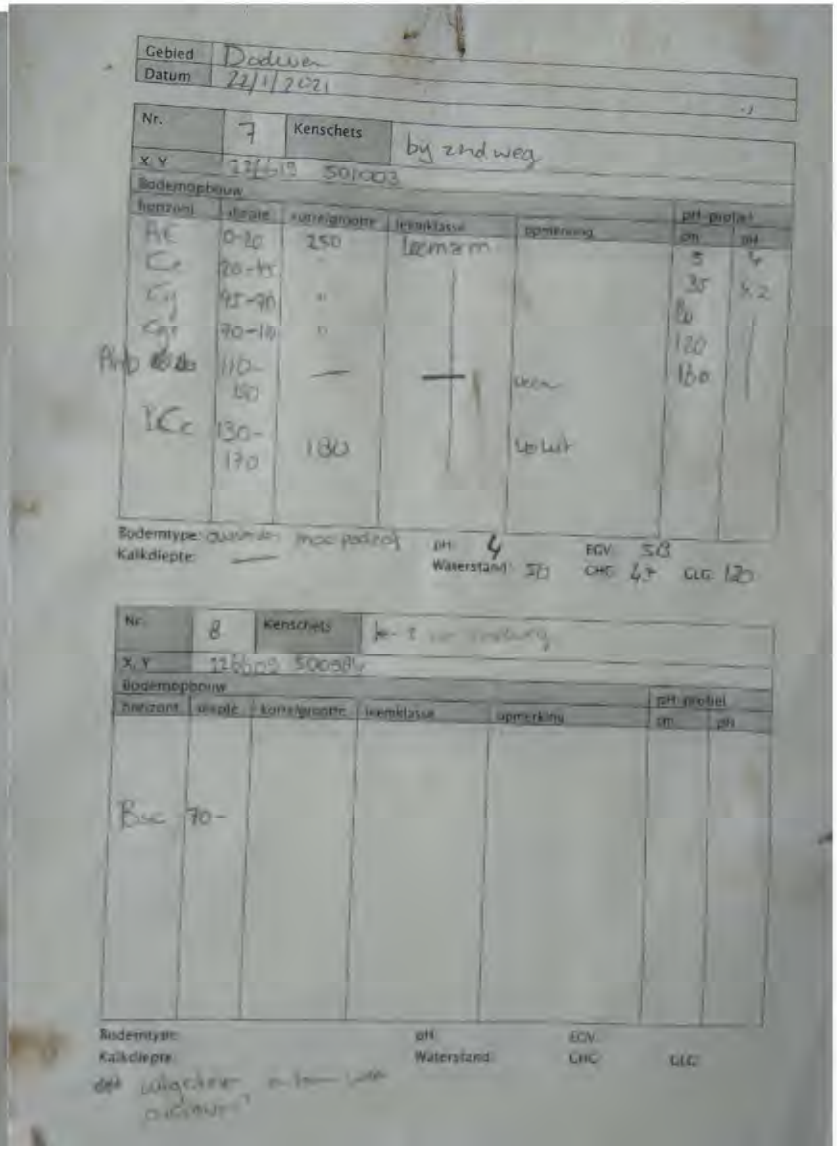
horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
Ae	0-20	150	leemarm		5	3
Cu	20-35				40	4,2
Ahb	35-45				60	4,2
E	45-75				75	4,2
Bvh	75-90				120	
Bhs	90-115				160	
Bhse	115-140				200	
Cg	140-200				240	4,2
Cgr	200-220				280	4,7
Cg	220-260				320	5
Cd	260-300	125	zwakleemig		360	5
Cg	300-350	250	leemarm		400	4,2

Bodemtype: Enkeerd-vlakvaal
Kalkdiepte: —
pH: 6
Waterstand: 345
EGV: 46
GHG:
GLG:

Nr. 6 Kenschets: zwak leem zwak glad

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
Ahu	0-20	150	leemarm		15	4
Bw	20-60				35	4
Cgr	60-80				80	4,2
Cr	80-150				130	
Bhs	130-140				180	
Ahb					200	
Bh	140-150				240	
BC	150-210					
BCc	210-230					

Bodemtype: Enkeerd-vlakvaal
Kalkdiepte: —
pH: 5
Waterstand: 50
EGV: 75
GHG: 50
GLG: 80



Gebied: Dodewaard
Datum: 22/1/2021

Nr. 7 Kenschets: by zandweg
X, Y: 226619 501003

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
Ae	0-20	250	leemarm		5	4
Cu	20-45				35	4,2
Cg	45-90				80	
Cgr	90-110				120	
Ahb	110-130	—	—	veen	160	
BCc	130-170	180		veelt		

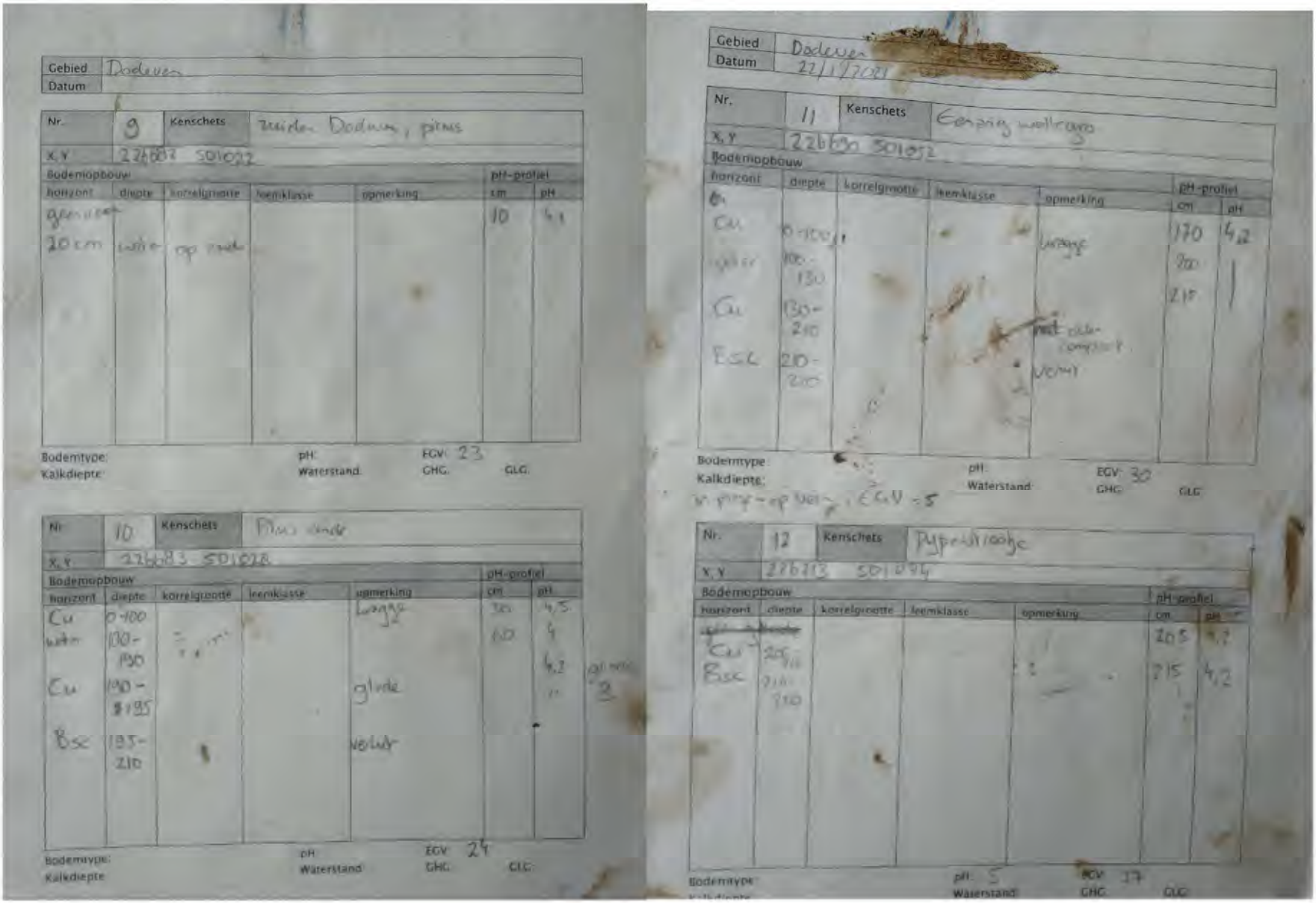
Bodemtype: zwaardeerd moerpodzol
Kalkdiepte: —
pH: 4
Waterstand: 30
EGV: 50
GHG: 47
GLG: 120

Nr. 8 Kenschets: [illegible]

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
Bsc	70-					

Bodemtype:
Kalkdiepte:
pH:
Waterstand:
EGV:
GHG:
GLG:

dat wachten ... we ...



Gebied: Dodeven
Datum:

Nr. 9 | Kenschets: zuiden Dodeven, pirus
X, Y: 226083 501022

Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
gemengd					10	4,1
20 cm	witte	op zand				

Bodemtype:
Kalkdiepte:
pH:
Waterstand:
EGV: 23
GHG:
GLG:

Nr. 10 | Kenschets: Pirus zuide

X, Y: 226083 501028

Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
Cu	0-100			Laagje	30	4,5
witte	100-130				60	4
						4,2
Cu	130-195			glede		
Bsc	195-210			verlud		

Bodemtype:
Kalkdiepte:
pH:
Waterstand:
EGV: 24
GHG:
GLG:

Gebied: Dodeven
Datum: 22/1/2021

Nr. 11 | Kenschets: Eerpad wollrapp
X, Y: 226030 501052

Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
Cu	0-100			laagje	170	4,2
witte	100-130				200	
Cu	130-210				215	
Bsc	210-220					

Bodemtype:
Kalkdiepte:
pH:
Waterstand:
EGV: 30
GHG:
GLG:

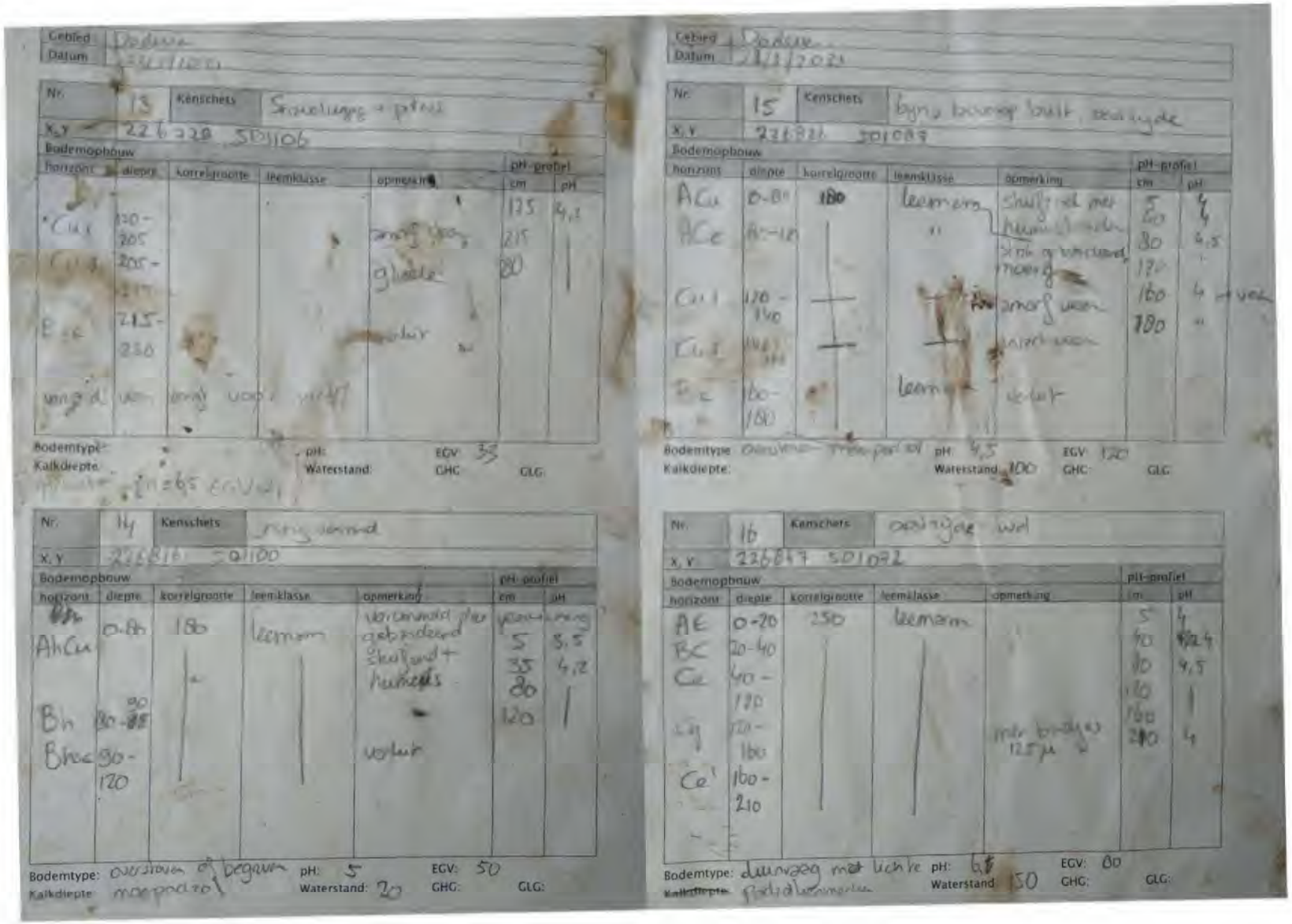
Nr. 12 | Kenschets: Pypenstraatje

X, Y: 226213 501094

Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
Cu	200				205	
Bsc	210				215	4,2

Bodemtype:
pH: 5
Waterstand:
EGV: 27
GHG:
GLG:



Gebied: Dodewaard
Datum: 23/11/2021

Nr. 13 Kenschets: Snoeiweg + pfnt
X,Y: 226228 501106

Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
Ah					135	4,1
*Cu1	130-205			zwarte vlekjes	215	
Cu2	205-			glauk.	80	
Ec	215-230			roest		
vergl.						

Bodemtype: Kalkdiepte: pH: Waterstand: EGV: 35 GHG: GLG:

Gebied: Dodewaard
Datum: 23/11/2021

Nr. 15 Kenschets: bynr bouwp bult, oostzijde
X,Y: 226226 501089

Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
ACu	0-8	180	leemarm		5	4
ACe	8-18		"		80	4,5
Cu1	120-140			zwarte vlekjes	160	4 +vol
Cu2					180	"
Ec	180-200		leemarm	roest		

Bodemtype: Kalkdiepte: pH: 4,5 Waterstand: 100 EGV: 120 GHG: GLG:

Nr. 14 Kenschets: ring verrond
X,Y: 226816 501100

Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
Bh						
AhCu	0-80	180	leemarm		5	3,5
					35	4,2
					80	
Bh	80-90				120	
Bhc	90-120			roest		

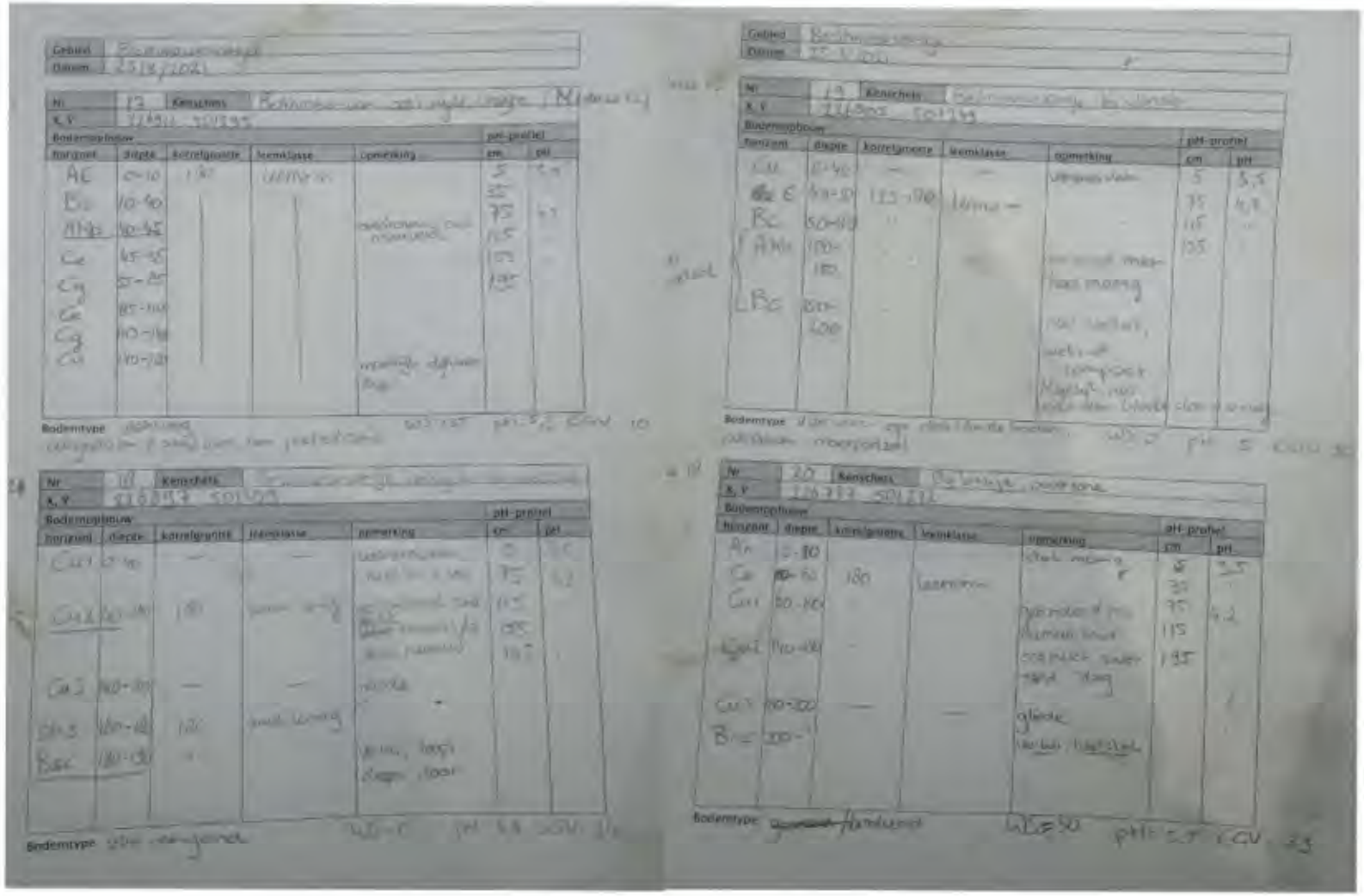
Bodemtype: Kalkdiepte: pH: 5 Waterstand: 20 EGV: 50 GHG: GLG:

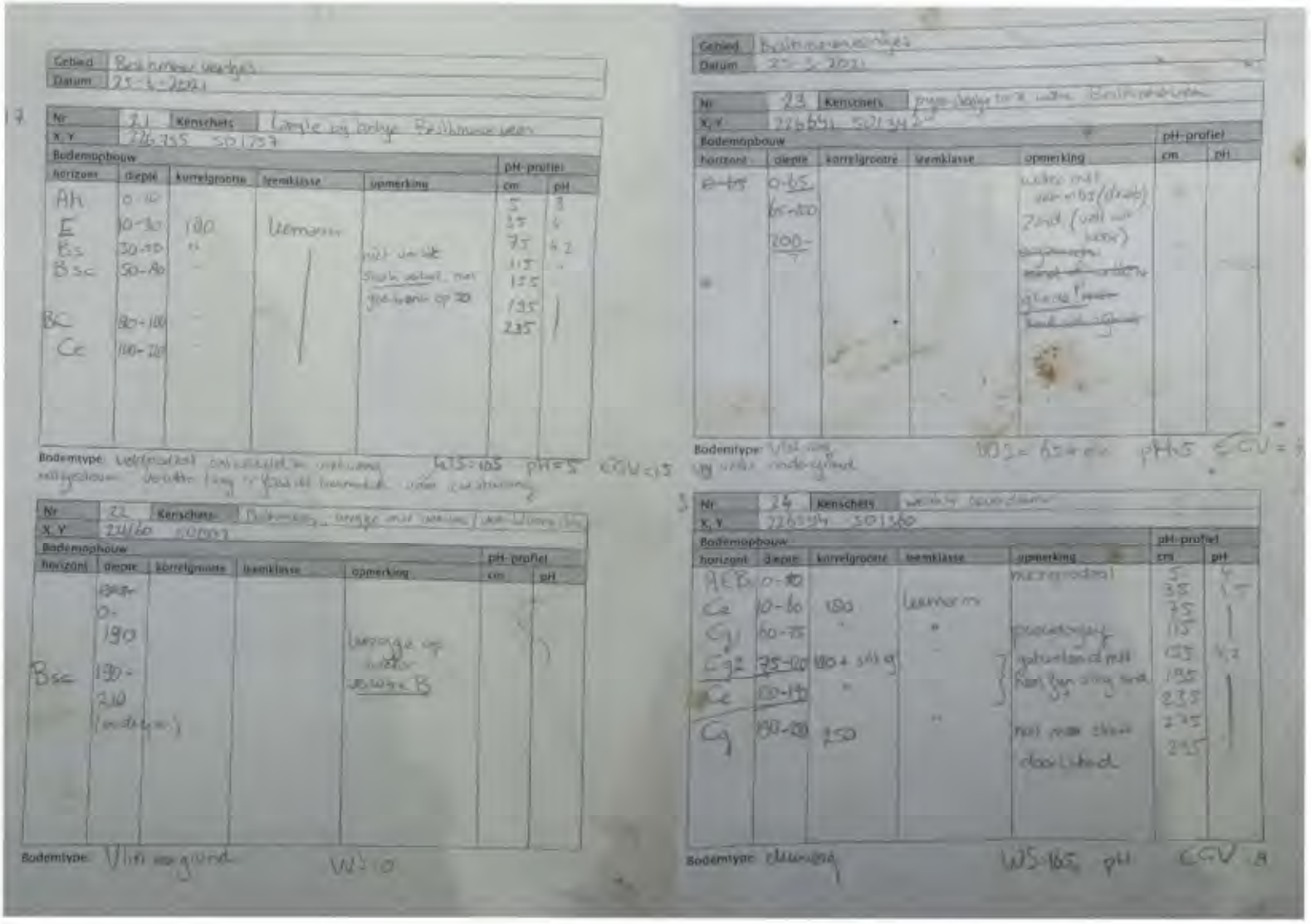
Nr. 16 Kenschets: oostzijde wal
X,Y: 226847 501092

Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
AE	0-20	250	leemarm		5	4
BC	20-40				40	4,4
Ce	40-120				80	4,5
					160	
Cg	120-180			mn bruine 125µ	200	4
Ce'	180-210					

Bodemtype: duinzeg met lichte Kalkdiepte: pH: 6,5 Waterstand: 150 EGV: 80 GHG: GLG:





Gebied: Beekmeanderwaaier
Datum: 25-6-2021

Nr: 21 Kenschets: Lemige tot zandige Beekmeanderwaaier
X, Y: 226755 501737

Bodemopbouw horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
Ah	0-10				5	3
E	10-30	180	Lemig zw		35	4
Bs	30-50	"		niet overal	75	4.2
Bsc	50-80	-		Sterk roestvl. met	115	-
				geleidelijk op 30	155	
BC	80-100	-			195	
Cc	100-120	-			235	

Bodemtype: Veldpodzol ontwikkeld in matig lemig zwaarder zandprofiel WS=10S pH=5 GGV<15

Nr: 22 Kenschets: Beekmeander, overgr. naar matig lemig zwaarder zandprofiel
X, Y: 224160 500093

Bodemopbouw horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
	0-					
	190			Lemige op		
Bsc	190-			zwakke B		
	210					
	(onderg.)					

Bodemtype: Vlei op grind W=10

Gebied: Beekmeanderwaaier
Datum: 25-6-2021

Nr: 23 Kenschets: grijs-beige tot lemig Beekmeanderzand
X, Y: 226641 501342

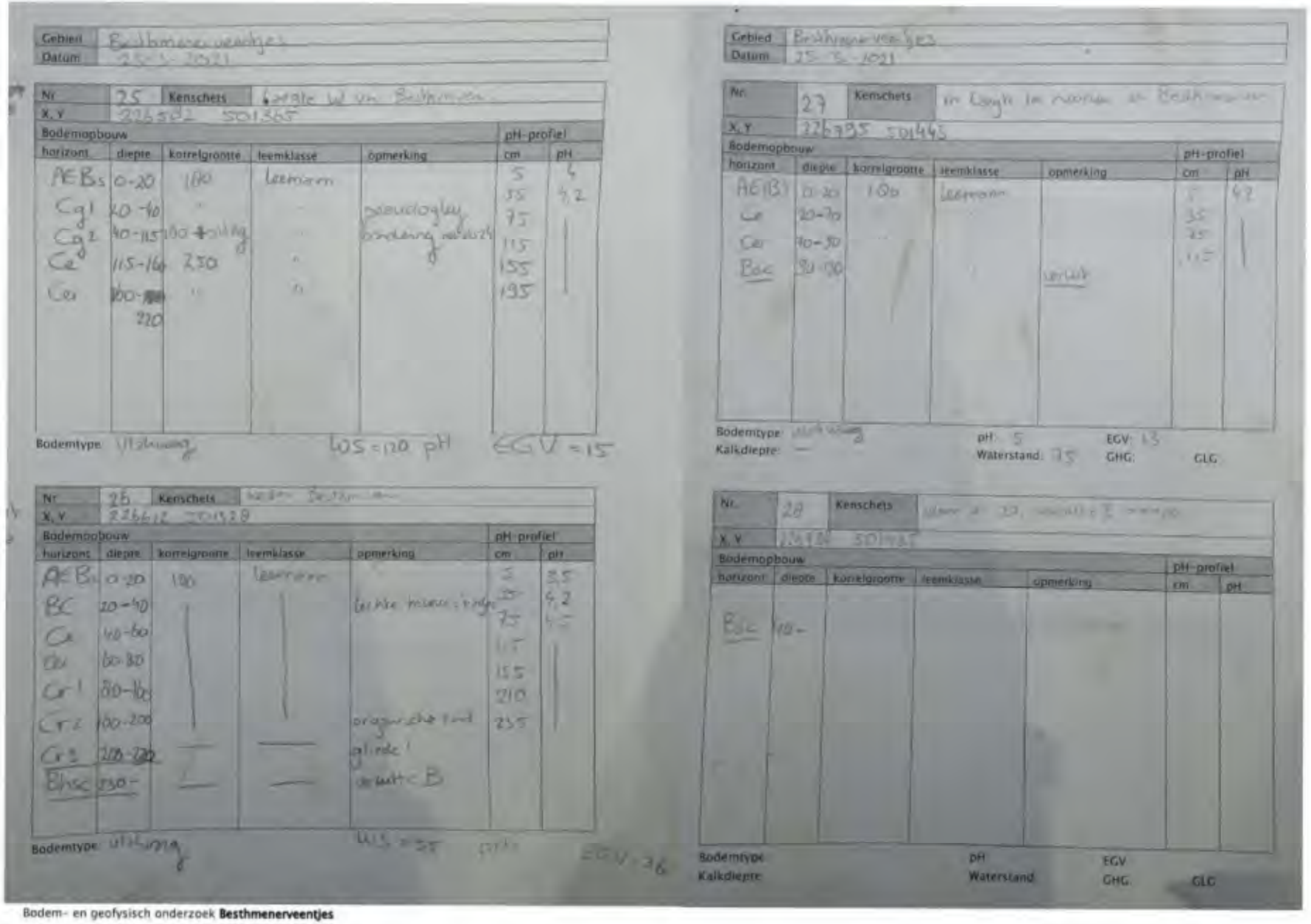
Bodemopbouw horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
E-Bs	0-65					
	65-200			2nd (vaal zw		
	200-					

Bodemtype: Vlei op [illegible] WS=15 pH=5 GGV=3

Nr: 24 Kenschets: matig lemig zwaarder zandprofiel
X, Y: 226594 501360

Bodemopbouw horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
AEB	0-10			matig grindig	5	4
Cc	10-60	180	Lemig zw		35	4.5
Cg1	60-75	"	"	grindig	75	
Cg2	75-100	180 + sl. g	-	grindlaag matig	115	
Cc	100-175	"		lemig zw zand	155	4.2
					195	
Cg	175-200	250	"		235	
				niet overal	275	
				doorlatend	295	

Bodemtype: Elsmeerpodzol WS=16S pH GGV=8



Gebied: Besthmenerveentjes
Datum: 25-5-2021

Nr: 25 Kenschets: [illegible]
X, Y: 226502 501365

Bodemopbouw					pH-profiel	
horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	cm	pH
AEBs	0-20	100	leemarm		5	4
Cg1	20-40	"	"	pseudogley	55	4,2
Cg2	40-115	100 + silt	"	kroeling vanaf 40	75	
Ce	115-160	230	"		115	
Cox	160-220	"	"		155	
					195	

Bodemtype: Uiterwaard LOS = 120 pH EGV = 15

Nr: 27 Kenschets: in bocht in noorden van Besthmenerveentjes
X, Y: 226935 501445

Bodemopbouw					pH-profiel	
horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	cm	pH
AE(B)1	0-20	100	leemarm		5	4,2
Ce	20-70				35	
Ce	70-90				25	
Bsc	90-130			verwit	115	

Bodemtype: Veldpodzol pH: 5 EGV: 13
Kalkdiepte: — Waterstand: 75 GHG: GLG

Nr: 26 Kenschets: [illegible]
X, Y: 226612 501928

Bodemopbouw					pH-profiel	
horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	cm	pH
AEBs	0-20	100	leemarm		5	3,5
BC	20-40			lichte mozaïekvlekken	35	4,2
Ce	40-60				75	4,5
Cox	60-80				115	
Cg1	80-100				155	
Cg2	100-200			oranje vlekken	210	
Cg3	200-230			glinde!	235	
Bhsc	230-			donker B		

Bodemtype: Uiterwaard LOS = 55 pH EGV = 36

Nr: 28 Kenschets: [illegible]
X, Y: 226826 501987

Bodemopbouw					pH-profiel	
horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	cm	pH
Bsc	10-					

Bodemtype: pH EGV
Kalkdiepte: Waterstand: GHG: GLG

Gebied	Besthmerveerlage
Datum	25-3-2021

Nr.	29	Kenschets	noorden Besthmerveerlage
X, Y	226705 501453		

Bodemopbouw					pH-profiel	
horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	cm	pH
AE B	0–20	1	leemarm		5	3
BC	20–40	"			35	3,5
Ahb	40–50	"			75	4
Ce1	50–135	180			115	4,2
Ce2	135–160	matig fijn, duidelijke overgang			155	4,5
Cg	160–200	250	"		195	4,2
Ce	200–240	ongesorteerd, matig grind			235	"
					275	"

Bodemtype: duinvaag
Kalkdiepte: (waarschijnlijk geen)
pH: 5,5
Waterstand: 150
EGV: 17
GHG:
GLG:

Nr.	30	Kenschets	Zeereep duinige oostelijke verstoorde zandvlakte Rotte heide
X, Y	227347 501670		

Bodemopbouw					pH-profiel	
horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	cm	pH
AE	0–20			microprofielering	5	3,5
Cg	20–60	180	leemarm		35	4
Ce	60–100	"		met humeuze bandjes	75	4,5
				geen oxidatiering	115	4,2
Ahb	100–110				155	"
E	110–130	125–180		ijzermoorg		
Bhs	130–140					
Bhs	140–145					
BSC	145–160			verlut		

Bodemtype: duinvaag (zeer zwak veldpodzol)
Kalkdiepte: 1/2 m
pH: —
Waterstand: droog
EGV: —
GHG: —
GLG: —

Gebied	Besthmerveerlage
Datum	26-3-2021

Nr.	31	Kenschets	Zeereep bij V-opening
X, Y	227320 501692		

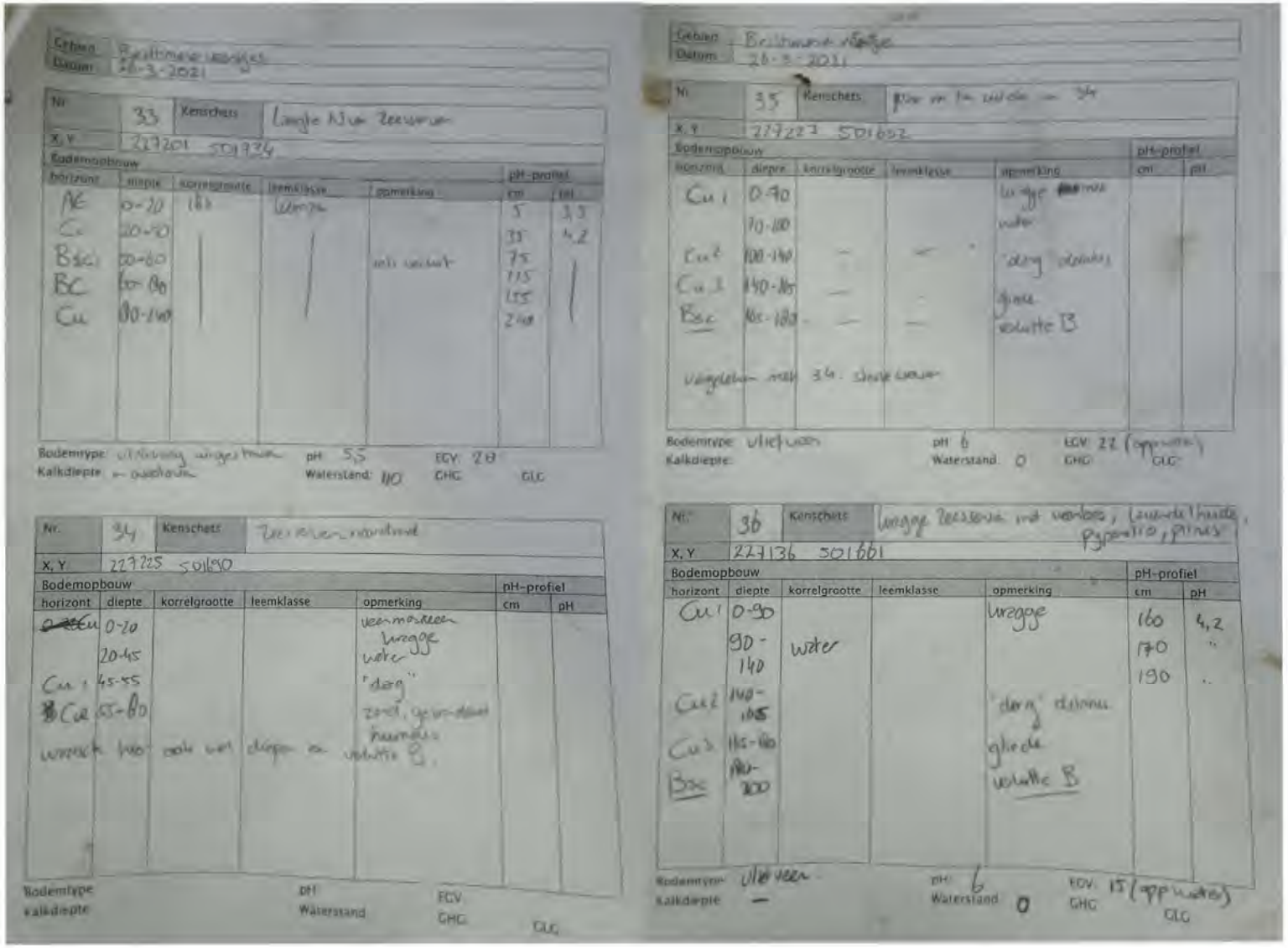
Bodemopbouw					pH-profiel	
horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	cm	pH
AE	0–20	1	leemarm		5	3,5
Ce	20–50	180		met humeuze bandjes	35	4,2
Bhsb	50–55				75	4,2
Bs	55–90				115	4,2
BSC	90–110			verlut, maar niet	155	4,5
BC	110–140			zwart- wat door	195	4,2
Cu	140–260			Lutum	235	"
				bruinige kleur	275	"
				geen red/ox		
				verroestende ijzer		

Bodemtype: duinvaag (waarschijnlijk geen & podzol)
Kalkdiepte: overal
pH: 5
Waterstand: 165
EGV: 82
GHG: —
GLG: —

Nr.	32	Kenschets	overzicht
X, Y	227293 501682		

Bodemopbouw					pH-profiel	
horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	cm	pH
AE	0–20	1	1		5	3,8
Ce	20–130	180–250	leemarm	1 humeuze bandje	35	4,5
Cu1	130–160	"	"	zwak oxidatie zwak	75	"
					115	4,2
Cu2	160–180	—	—	glinde	155	"
					170	"
BSC	180–			verlutte B, slak verlut		

52



Gebied: Besthmenerveentjes
Datum: 26-3-2021

Nr: 33 Kenschets: Langs N-W Zeeverse
X, Y: 227201 501934
Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
AE	0-20	fijn	zwak		5	3,3
C	20-30				35	4,2
Bsc1	30-60				75	
BC	60-80			zeer vaak	115	
Cu	80-140				140	

Bodemtype: veldpodzol, uitgeloogd pH: 5,5 EGV: 28
Kalkdiepte: – overhaul Waterstand: 110 GHG: GLG

Gebied: Besthmenerveentjes
Datum: 26-3-2021

Nr: 35 Kenschets: [illegible]
X, Y: 227227 501652
Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
Cu1	0-90			lagge [illegible]		
	90-100			water		
Cu2	100-140	–	–	"dorg"		
Cu3	140-165	–	–	ghrde		
Bsc	165-180	–	–	veluwse B		

Vergeleken met 34. zwak leemarm

Bodemtype: veldpodzol pH: 6 EGV: 22 (opmerkelijk)
Kalkdiepte: Waterstand: 0 GHG: GLG

Nr. 34 Kenschets: Zeeverse veentrog
X, Y: 227225 501690
Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
~~O-veen~~	0-20			veenmosveen		
	20-45			lagge		
				water		
Cu1	45-55			"dorg"		
BCu	55-80			zeer, grof zand		
				houtrest		

Worteld tot ca 140 cm diepte en veluwse B.

Bodemtype: pH: EGV:
Kalkdiepte: Waterstand: GHG: GLG

Nr: 36 Kenschets: lagge zeeverse met veenlens, zeewierhoudend, Pyrenaïca, pinus
X, Y: 227136 501661
Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
Cu1	0-90			lagge	160	4,2
	90-140	water			170	"
					190	"
Cu2	140-165			"dorg"		
Cu3	165-180			ghrde		
Bsc	180-200			veluwse B		

Bodemtype: veldveen pH: 6 EGV: 15 (opmerkelijk)
Kalkdiepte: – Waterstand: 0 GHG: GLG

Gebied: Beltmanveldweg
Datum: 26-3-2021

Nr. 37 Kenschets: Zeeoever
X, Y: 227080 501625

Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
Cu1	0-30			leggage		
Wbm	30-100					
Cu2	100-110			delvius		
Cu3	110-170			gleyde		
Bbc	170-190			verwitte B		

Bodemtype: vlakvaag
Kalkdiepte: -
pH:
Waterstand:
EGV:
GHG:
GLG:

Nr. 38 Kenschets: ten noorden van 37
X, Y: 227086 501623

Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
Cu1	0-40			leggage		
Cu2	40-70			zand (ingestoven) met org bandjes		
Cu3	70-75			gleyde		
Bbc	75-80			verwitte B		

Bodemtype: vlakvaag
Kalkdiepte:
pH: 5
Waterstand: 0
EGV: 11
GHG:
GLG:

Gebied: Beltmanveldweg
Datum: 26-3-2021

Nr. 39 Kenschets: Zeeoever ten noorden v 37
X, Y: 227088 501639

Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
	0-70			leggage + wier		
Cu1	70-90					
Cu2	90-110			zand, org matig en gelaagd (wisselend in gehalte)		
Cu3	110-130			Enkelvoudig		
Cu4	130-150			gleyde		
Bbc	150-			verwitte B		

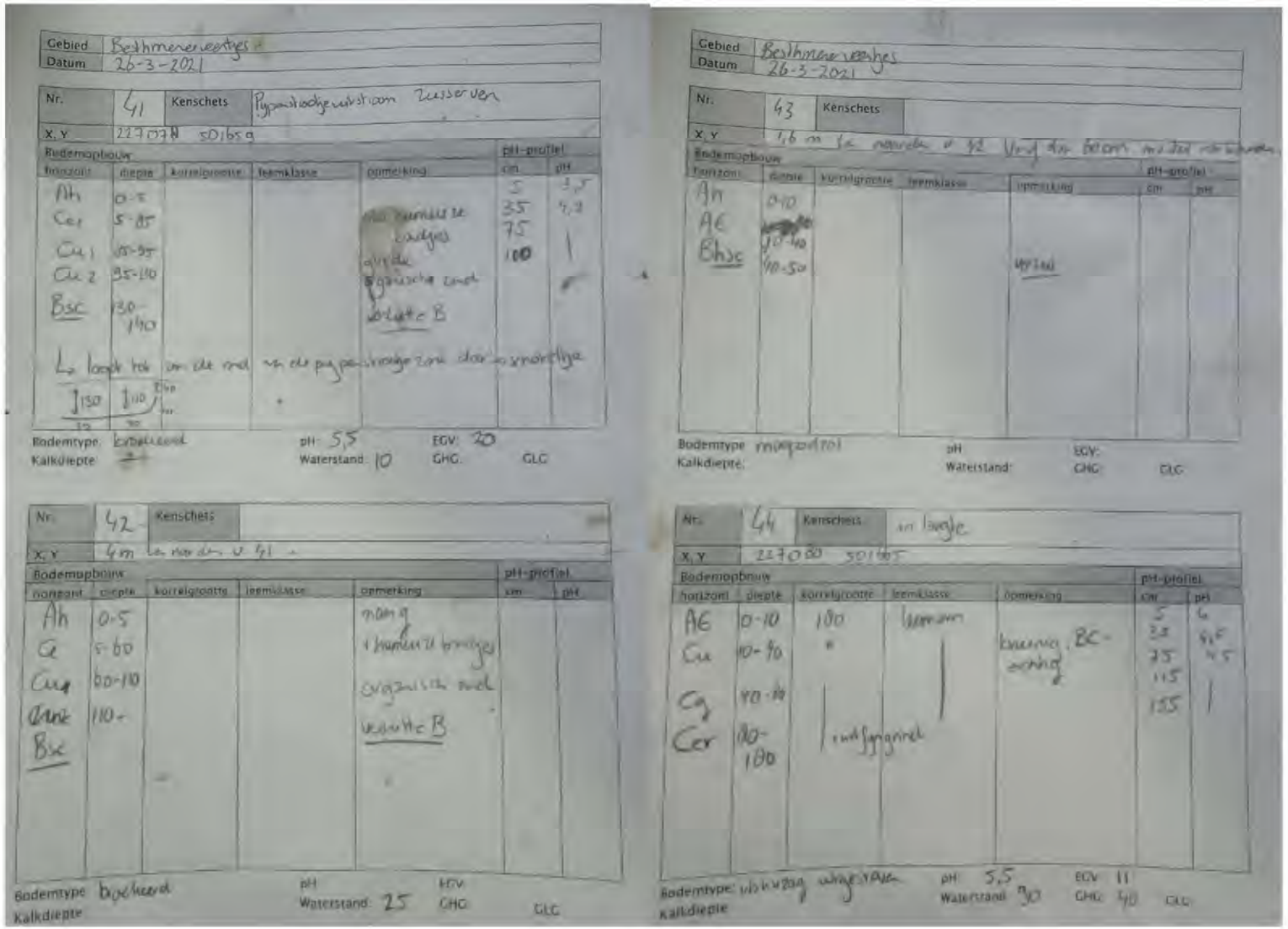
Bodemtype: vlakvaag
Kalkdiepte:
pH:
Waterstand:
EGV:
GHG:
GLG:

Nr. 40 Kenschets: ten noorden van 37
X, Y: 227083 501647

Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
	0-190			leggage + wier		
Cu1	190-192			gleyde		
Bbc	192-210			verwitte B		

Bodemtype: vlakvaag
Kalkdiepte:
pH:
Waterstand:
EGV:
GHG:
GLG:



Gebied Besthmenerveentjes
Datum 26-3-2021

Nr. 41 Kenschets Pijpaardachtige uitstroom Zuiderven
X, Y 227078 501659

Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking
Ah	0-5			
Ce1	5-85			
Cu1	85-95			
Cu2	95-130			
Bsc	130-140			

pH-profiel

cm	pH
5	3,5
35	4,2
75	
100	

Bodemtype: kalkhoudend pH: 5,5 EGV: 20
Kalkdiepte: Waterstand: 10 GHG: GLG

Gebied Besthmenerveentjes
Datum 26-3-2021

Nr. 43 Kenschets
X, Y

Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking
Ah	0-10			
AE	10-40			
Bhsc	40-50			

pH-profiel

cm	pH

Bodemtype: Kalkdiepte: pH EGV: Waterstand: GHG: GLG

Nr. 42 Kenschets
X, Y

Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking
Ah	0-5			
C	5-80			
Cu1	80-110			
Cu2	110-			
Bsc				

pH-profiel

cm	pH

Bodemtype: Kalkdiepte: pH EGV: Waterstand: 25 GHG: GLG

Nr. 44 Kenschets
X, Y 227080 501605

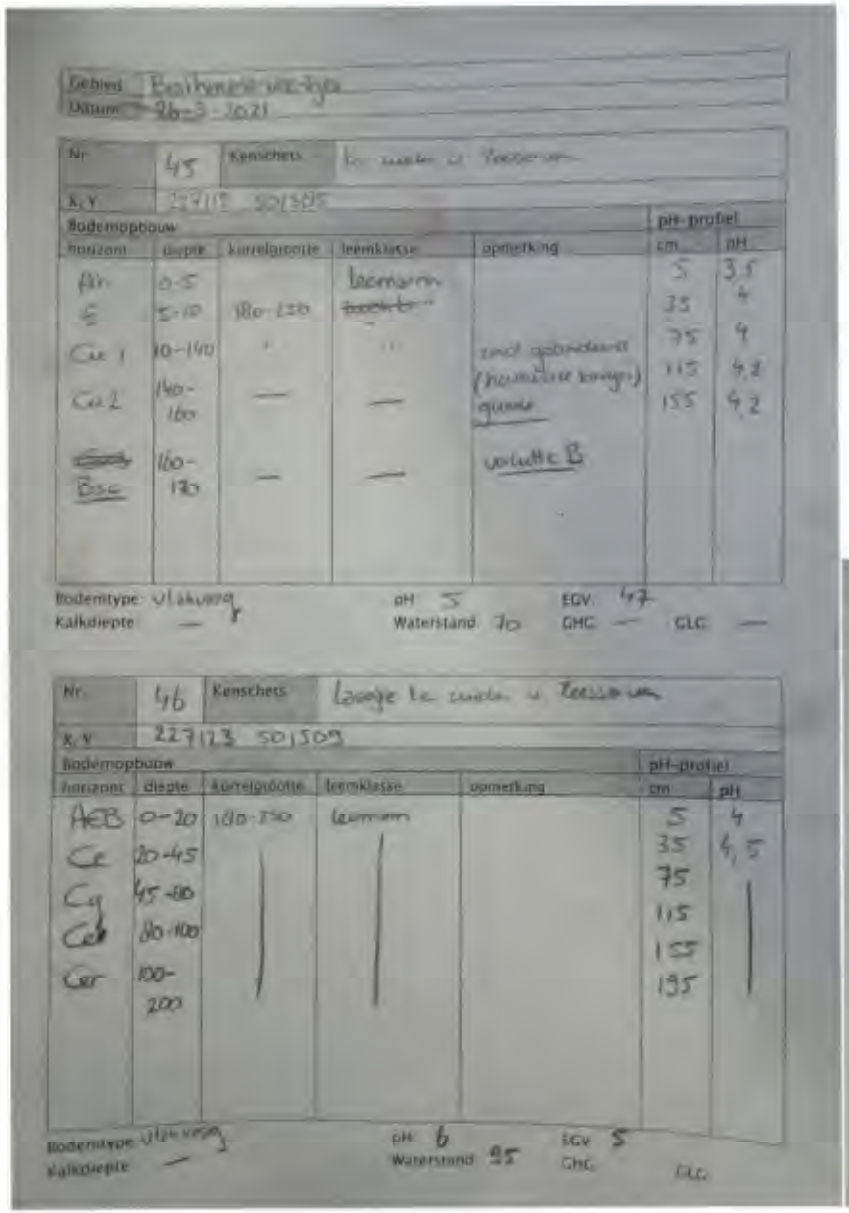
Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking
AE	0-10			
Cu	10-90			
Cg	90-100			
Cer	100-180			

pH-profiel

cm	pH
5	
35	
75	
115	
155	

Bodemtype: Kalkdiepte: pH: 5,5 EGV: 11
Waterstand: GHG: GLG



Gebied: Bathmense veentjes
Datum: 26-3-2021

Nr.	45	Kenschets:	te weinig v. Peeszeem
X,Y	227117 501305		

Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
Ah	0-5		leemarm		5	3,5
E	5-10	180-220	~~zandig~~		35	4
Cu1	10-140	"	"	zwak gebandeerd (humeuze banden)	75	4
Cu2	140-160	—	—	grauw	115	4,2
~~Cg~~	160-	—	—	volledig B	155	4,2
Bsc	170					

Bodemtype: Vlakveen
Kalkdiepte: —
pH: 5
Waterstand: 70
EGV: 47
GHC: —
GLC: —

Nr.	46	Kenschets:	Laagje te weinig v. Peeszeem
X,Y	227123 501309		

Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
AEB	0-20	180-250	leemarm		5	4
Ce	20-45				35	4,5
Cg	45-80				75	
Cob	80-100				115	
Cor	100-200				155	
					195	

Bodemtype: Vlakveen
Kalkdiepte: —
pH: 6
Waterstand: 95
EGV: 5
GHC:
GLC:

Gebied: Bathmense veentjes
Datum: 26-3-2021

Nr.	47	Kenschets:	Laagje leemarm Beetgum veen? Overstuiving/bedekking laat veen? enhancement.
X,Y	226941 501641		

Bodemopbouw

horizont	diepte	korrelgrootte	leemklasse	opmerking	pH-profiel cm	pH
AEB	0-20				5	3,5
Cg	20-50	250	leemarm		25	4,2
Ce	50-120			mei huimeistdig	75	
Cu1	120-130			oxymorph	115	
Cu2	130-145			veen intact	140	
Cu3	145-160	—	—	gliede	160	
Bsc	160-	—	—	volledig		

Bodemtype: Vlakveen
Kalkdiepte: —
pH: 5
Waterstand: 85
EGV: 494
GHC:
GLC:

ONDERZOEKCENTRUM

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

BODEMCHEMISCHE NULMETING MAASHORST

- notitie (definitief) -

Opdrachtgever: Staatsbosbeheer Noord-Brabant • Auteurs: 5.1.2e & 5.1.2e 5.1.2e • Projectnummer: PR-21.112 • Rapportnummer: RP-21.112.21.100 •
Datum: 13-12-2021

Titel rapport:
Bodemchemische nulmeting Maashorst

Auteurs:
5.1.2e & 5.1.2e

Rapportnummer: 21.112.21.100

Opdrachtgever:
Staatsbosbeheer Noord-Brabant

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

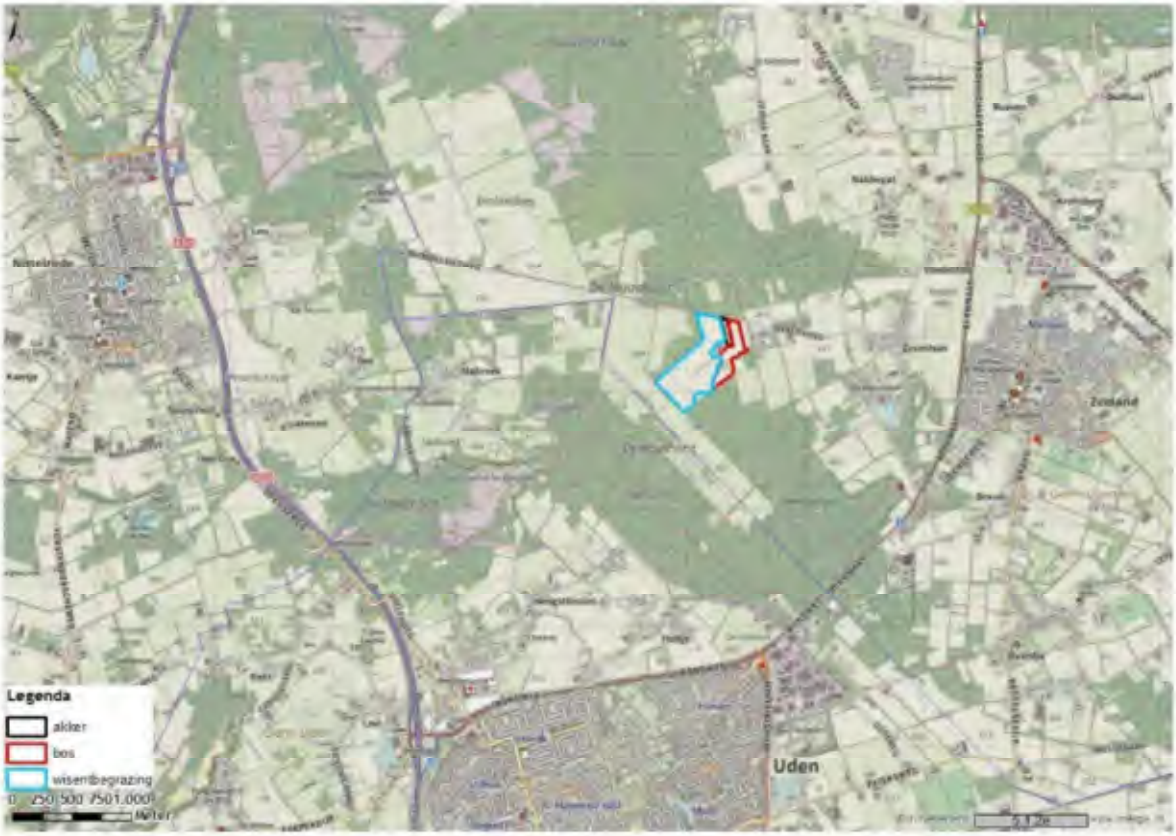
Contactpersoon:
5.1.2e
Tel: 5.1.2e
5.1.2e@b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2021

1. AANLEIDING

Onderzoekcentrum B-WARE heeft in opdracht van Staatsbosbeheer Noord-Brabant een bodemchemisch onderzoek uitgevoerd in de Maashorst. De circa 30 ha voormalige landbouwgronden liggen tegen bestaand natuurgebied aan en worden toegevoegd aan de natuurkern van de Maashorst. Een groot deel (blauw omlijnd in Figuur 1) zal ontwikkeld worden als Kruiden- en faunarijk grasland (N12.02) en betrokken worden bij de huidige natuurbegrazing door Wisenten. Verder zal een deel ingericht worden als natuurakker (N12.05) en een deel zal aangeplant worden als bos (N15.02) (Figuur 1). In het nieuw verworven gebied zal tevens een ven-achtige laagte hersteld worden en zullen sloten en greppels gedempt worden. De verwachting is dat de hydrologische maatregelen lokaal tot een mobilisatie van fosfaat zullen leiden en daarmee tot verruiging van de vegetatie. Gezien de doelstellingen wordt dat niet direct als een probleem gezien. Onderzoekcentrum B-WARE is gevraagd om in deze nieuw verworven percelen een bodemchemische nulmeting uit te voeren.

In deze notitie worden de resultaten beknopt toegelicht. Voor algemene informatie over de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden kan de B-WARE folder 'Van landbouw naar natuur' worden geraadpleegd.



Figuur 1. Globale ligging van het onderzoeksgebied.

2. MATERIAAL EN METHODEN

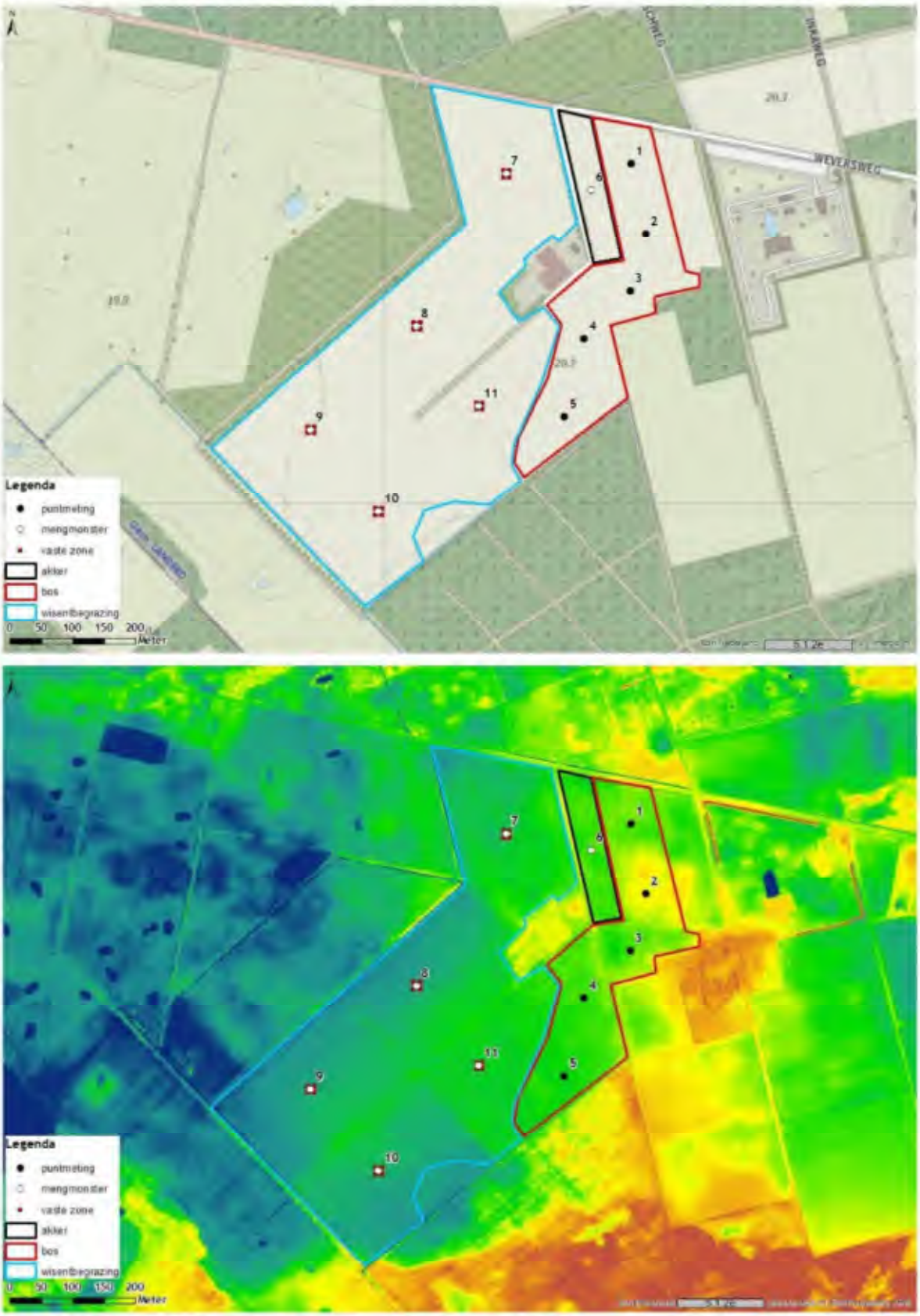
Op 27 september 2021 werden door boormeester 5.1.2e van ATKB op 11 locaties (Figuur 2) bodemmonsters verzameld en werd op 11 locaties het bodemprofiel beschreven (om een beter beeld te krijgen van de ruimtelijke variatie in bodemopbouw) conform NEN 5104 tot op 150 cm-mv (Bijlage 2). Een overzicht van de grondwaterstanden, afgelezen uit het bodemprofiel, wordt gegeven in Tabel 1. In de begrazingszone werden 5 vaste zones van 10x10 m uitgezet en werd een mengmonster van de bovenste 25 cm van de bodem verzameld. In de akker werd over het gehele perceel 1 mengmonster verzameld van de bovenste 25 van de bodem. In het beoogde bosperceel werd op 5 puntlocaties een monster verzameld van de bovenste 25 cm van de bodem.

Tabel 1. XY-coördinaten, doelvegetatie (B = bos, A = akker, KFG = kruiden- en faunarijk grasland), actuele grondwaterstand (GWS; 27 september 2021), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) per locatie, nw = niet waarneembaar. Voor ligging van de locaties zie Figuur 2.

Locatie	Datum	X	Y	Type	GWS	GHG	GLG
1	27-9-2021	172394	412543	B	nw	145	>150
2	27-9-2021	172418	412434	B	nw	80	>150
3	27-9-2021	172391	412340	B	nw	120	>150
4	27-9-2021	172317	412261	B	nw	140	>150
5	27-9-2021	172286	412137	B	nw	140	>150
6	27-9-2021	172330	412502	A	nw	80	>150
7	27-9-2021	172194	412527	KFG	nw	>150	>150
8	27-9-2021	172051	412284	KFG	nw	100	>150
9	27-9-2021	171882	412119	KFG	nw	130	>150
10	27-9-2021	171988	411986	KFG	nw	90	>150
11	27-9-2021	172151	412157	KFG	nw	120	>150

In totaal werden 11 bodemmonsters afgeleverd bij B-WARE en chemisch geanalyseerd (zie bijlage 1 voor een nadere toelichting):

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid;
- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);
- pH-zout en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. fosfor, ammonium, nitraat, aluminium en calcium.



Figuur 2. Overzicht van de ligging van de monsterlocaties op een topografische kaart (boven) en hoogtekaart (onder).

3. RESULTATEN BODEMCHEMISCH ONDERZOEK & CONCLUSIES

De bodem in de voormalige landbouwpercelen bestaat uit zand waarbij in de diepere bodemlagen (vanaf ca. 40-50 cm diepte) grind aangetroffen werd. De dikte van de bouwvoor varieerde van 25 tot 35 cm dikte. Met uitzondering van locatie 4 werd op alle locaties een inspoelingshorizont (B- of BC-horizont) aangetroffen, variërend van 5 tot 70 cm dikte op een grindige C-horizont. Op locatie 9 werd onder de bouwvoor een oude podzol bodem aangetroffen (Bijlage 2).

In Tabel 2 is een overzicht gegeven van de bodemchemische resultaten per locatie. Vanwege het feit dat planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties in deze rapportage uitgedrukt per liter verse bodem. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P concentratie een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem waarvan een (groot) deel op termijn weer beschikbaar kan komen voor planten (zeker bij een verandering van de redoxtoestand van de bodem door het nemen van vernattingsmaatregelen).

Tabel 2. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) van de bovenste 25 cm op de locaties in het onderzoeksgebied. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l), BV = indicatieve basenverzadiging. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l
<5	<150	<10	<4000	<20	<1	<50
6-10	151-250	10-20	4001-8000	21-50	2-5	51-100
11-25	251-400	21-30	8001-15000	51-100	6-10	101-200
26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	11-30	201-400
>50	>750	51-80	25001-40000	151-300	31-50	401-800
		>80	>40000	>300	51-100	801-1200
					>100	>1200

Nr	Doel	Diepte	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z
1	bos	0-25	AP	6	12	1,0	4319	21,5	154	48	39	4	12	7	9	12378	942	2406	6,3	100	19	190	62
2	bos	0-25	AP	6	12	1,0	5456	22,4	116	47	41	4	9	8	27	10994	1229	1819	5,5	99	36	141	95
3	bos	0-25	AP	6	11	1,0	5499	22,3	156	26	34	5	11	7	40	8644	1128	2282	5,4	99	33	99	115
4	bos	0-25	AP	5	12	1,0	3784	17,7	131	35	25	3	8	8	49	10767	642	1602	5,5	99	14	136	82
5	bos	0-25	AP	5	12	1,1	3661	16,1	138	35	23	4	12	10	24	10784	957	4087	5,8	99	16	366	99
6	akker	0-25	AP	6	13	1,0	5031	25,2	141	51	36	4	11	8	21	13767	1406	2976	5,9	99	33	374	128
7	grasland	0-25	AP	5	11	1,0	4004	17,8	148	27	30	4	11	6	36	10885	801	2574	5,6	99	20	448	109
8	grasland	0-25	AP	5	7	1,1	3478	15,3	146	27	31	5	11	6	27	9608	1183	2746	5,6	99	13	94	109
9	grasland	0-25	AP	5	11	1,1	5207	17,9	136	26	23	4	8	6	121	10097	849	2067	5,4	98	12	204	95
10	grasland	0-25	AP	4	10	1,0	4160	15,7	134	29	24	4	10	6	16	10113	320	2226	5,7	99	16	118	68
11	grasland	0-25	AP	6	10	1,0	3907	18,2	144	39	22	5	10	7	27	11881	732	2747	5,7	99	19	101	98

Uit de bodemanalyses blijkt dat de bovenste 25 cm van de bodem in de voormalige landbouwpercelen sterk verrijkt is met fosfaat met 3478-5499 µmol/l Olsen-P en 15,3-25,2 mmol/l totaal-P als gevolg van het landbouwkundig gebruik. De bodem is over het algemeen matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 26-51 mmol/l, Ca-z: 8644-13767 µmol/l en Fe-t: 22-41 mmol/l). De labiele P-concentratie in de bodem is hoog met concentraties van 12 tot 36 µmol/l bodem. De

nitraatconcentratie (NO_3) in de bodem varieert sterk tussen de locaties. Op locatie 3, 8 en 11 is de NO_3-concentratie relatief laag met 94-101 µmol/l bodem tegen relatief hoge NO_3-concentraties van 366-446 µmol/l op locatie 5, 6 en 7. Na beëindiging van het landbouwkundig gebruik (en de bemesting) is de verwachting dat de concentraties labiel-P en nitraat afnemen.

Doelstelling N15.02 (Dennen-, eiken- en beukenbos), locatie 1-5 (GLG: 80-145 cm-mv GHG: >150 cm-mv)

De bovenste 25 cm van de bodem is door het landbouwverleden rijk aan fosfor (P-t 16,1-22,4 mmol/l en Olsen-P 3661-5499 µmol/l). De buffering en basenverzadiging in de bodem is hoog met een basenverzadiging van 99-100% en pH-z van 5,4-6,3. De labiele nutriëntconcentraties in de bodem zijn hoog (P-z: 14-36 µmol/l en NO_3: 99-366 µmol/l). Op basis van onderzoek is bekend dat fosfor en lichtbeschikbaarheid zeer belangrijke knelpunten zijn voor de ontwikkeling van biodiverse bossen op landbouwgronden (o.a. De Keersmaeker et al., 2004). Gezien de hoge nutriëntenbeschikbaarheid van de bodem is de kans op een bos met een ruige ondergroei groot (met soorten als braam, grassen en grote varens). Daarnaast is de aangeplante boomsoort van groot effect op de verdere ontwikkeling van het bos. De beoogde aanplant soorten den, eik en beuk produceren allen zuur strooisel. Door de aanplant te mengen met soorten die beter strooisel produceren kan de verzuring mogelijk geremd worden.

Doelstelling N12.05 (Kruiden- en faunarijke akker), locatie 6 (GLG: 80 cm-mv GHG: >150 cm-mv)

In kruidenrijke akkers op zandgrond varieert de totale voorraad fosfor vrij sterk, meest tussen 10 en 20 mmol/l. De hoeveelheid direct beschikbaar fosfaat (P-z) ligt vaak hoog, tussen de 10 en 50 µmol/l en voor nitraat is dat 50-200 µmol/l. In vergelijking met het onderzochte perceel valt op dat de nitraatbeschikbaarheid erg hoog is met 374 µmol/l bodem. Het totale P-gehalte bevindt zich iets boven de gewenste range met 25,2 mmol/l bodem. De hoge concentratie plantbeschikbaar fosfaat (Olsen-P) maakt het perceel gevoelig voor de woekering van wortelonkruiden, met name Kweek. Dit vrij diep wortelende gras kan bovendien profiteren van de vrij dikke bouwvoor. Er is dan een intensieve bodembewerking nodig om deze onder de duim te houden. De hoge directe beschikbaarheid bevoordeelt snelgroeiende eenjarige, zoals Melganzenvoet (*Chenopodium album*), Zwarte nachtschade (*Solanum nigrum*) en Gewone vogelmuur (*Stellaria media*). De ervaring met omvorming van intensief gebruikte akkers op droge zandgrond naar natuurakkers is dat al na 1-2 jaar zonder bemesting stikstof sterk limiterend wordt voor de gewasproductie en zelfs de groei van akkeronkruiden (Verbeek e.a., 2021). Het gehalte organisch stof is voldoende hoog met 6%, ter vergelijking op veel intensief gebruikte (mais-)percelen op droge zandgronden worden vaak gehalte van 1-2% gemeten.

Op basis van het recent verschenen Akkerboek (Verbeek et al., 2021) kan een kleurrijke kruidenakker ontwikkeld worden (akkertype 3). Dit is een matig productieve akker, waar enige gewasproductie gecombineerd wordt met hoog opgroeiende akkerkruiden uit het windhalm verbond, met name Korenbloem, Echte kamille, Kromhals en klaprozen, maar ook Bolderik. Dit akkertype kan zowel in een vorm met wintergraan (rogge) als zomergraan (haver) worden gerealiseerd. Geadviseerd wordt om de bodem de eerste 1-2 jaar niet te bemesten om de stikstofconcentratie wat te verlagen. De hoge fosfaatrijkdom kan leiden tot problemen met wortelonkruiden. De akkerkruiden zullen moeten worden geïntroduceerd indien ze niet aanwezig zijn. Voor dit akkertype is jaarlijks 50-75 kg stikstofmest nodig. Ook is op zandgrond wellicht af en toe een onderhoudsbekalking nodig.

Doelstelling N12.02 (Kruiden- en faunarijk grasland), locatie 7-11 (GLG: 90->150 cm-mv GHG: >150 cm-mv)

De bovenste 25 cm van de bodem is door het landbouwverleden rijk aan fosfor (P-t 15,3-18,2 mmol/l en Olsen-P 3478-5207 µmol/l). Voor de ontwikkeling van soortenrijk kruiden- en faunarijk grasland wordt over het algemeen een Olsen-P streefconcentratie van circa 1200 µmol/l gehanteerd (Scherpenisse et al., 2017). De soortenrijkdom van kruidenrijke graslanden (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de meest labiele P-fractie voldoende laag is (P-z < 1-2 µmol/l) en ook de nitraatconcentratie laag is (<100 µmol/l). De labiele P-fractie is momenteel nog te hoog met 12-20 µmol/l bodem. De NO_3-concentratie in de bodem is op 3 van de 5 locaties circa 100 µmol/l bodem. Alleen op locatie 7 en 9 is de nitraatconcentratie in de bodem nog te hoog met 204-446 µmol/l bodem. Voor een omvorming naar kruiden- en faunarijk grasland is een maaibeheer het meest effectief. Hiermee kan ook worden voorkomen dat een soort als gestreepte witbol dominant wordt. Om op voedselrijkere gronden de dominantie van witbol te doorbreken wordt geadviseerd witbol vroeg af te maaien, bijvoorbeeld in mei. Deze grassen bloeien namelijk voordat de zomerkruiden gaan bloeien. Onder voedselrijkere, vochtige condities kan begrazing tot extra pitrusontwikkeling leiden doordat de zode wordt kapot getrapt en open plekken kiemplaatsen vormen voor pitrus.

Overigens kunnen er op droge, voedselrijkere zandgronden ook kruidenrijkere graslanden tot ontwikkeling komen als gevolg van droogtestress en/of lage concentraties organische stof (eventueel in combinatie met tijdelijk akkerbeheer) (Dorland e.a., 2020; Eichhorn e.a., 2020). Bureau Natuurbalans (5.1.2e) heeft voor op P-rijke droge gronden goede ervaringen met de omvorming naar kruidenrijk grasland en/of glanshaverhooiland door middel van chopperen in combinatie met het inzaaien van een gras-/kruidenmengsel. Dit bevindt zich nog in een experimenteel stadium. Waarschijnlijk speelt N- en/of K-limitatie een rol. Meer onderzoek moet uitwijzen hoe hier meer op gestuurd kan worden en onder welke condities deze maatregel wel of juist niet kansrijk is.

Hydrologische herstelmaatregelen

Staatsbosbeheer is voornemens om in het gebied een ven-achtige laagte te herstellen en sloten en greppels te dempen. Momenteel is er geen sprake van grondwaterinvloed in de wortelzone, het grondwater komt tot circa 80 cm onder maaiveld. Het is onbekend wat de nieuwe grondwaterstanden in het gebied zullen worden. De verwachting van Staatsbosbeheer is dat alleen in perioden met hoge neerslagpieken in de westkant (daar waar de laagtes en de poel ontwikkeld worden) lokaal wat water op het maaiveld zal staan. In het merendeel van het onderzoeksgebied zullen de grondwaterstanden waarschijnlijk niet veel veranderen en zal het risico op verruiging met Pitrus klein zijn. Wanneer na een ontgronding (of ontwikkeling van een natte laagte) nog sprake is van te voedselrijke omstandigheden is het risico op verruiging (met Pitrus) groot.

4. LITERATUUR

Brouwer, E., E.C.H.E.T. Lucassen, M. Buiks & T. Onkelinx (2017). Competitive strength of Australian swamp stonecrop (Crassula helmsii). Aquatic Invasions 12 (3): 321-331.

De Keersmaeker, L., L. Martens, K. Verheyen, M. Hermy, A. De Schrijver & N. Lust, 2004. Impact of soil fertility and insolation on diversity of herbaceous woodland species colonizing afforestations in Muizen forest (Belgium). Forest Ecology and Management 188(1-3): 291-304

Dorland, E., K. Eichhorn, T. Van den Broek & M. Courbois (2020) Herstel kruidenrijke graslanden op zandgrond door tijdelijk akkerbeheer. *De Levende Natuur* **121**: 86-91.

Eichhorn, K., E. Brouwer, E. Dorland, R. Ketelaar & T. van den broek (2020) Kruidenrijke natuurgraslanden ontwikkelen op fosfaatrijke grond. Wat is er mogelijk? *De Levende Natuur* **121**: 92-95.

Loop, J. van der & H. Van Kleef (2020). Omgaan met watercrassula in natuurgebieden. Uitgave Stichting Bargerveen, Nijmegen.

Scherpenisse, M.C., E. Verbaarschot, B. Timmermans, R. Bobbink & P.J.M. Verbeek (2017) Graslanden in Overijssel. Advies voor kwaliteitsverbetering van kruiden- en faunarijk grasland. Natuurbalans - Limens Divergens BV, Nijmegen.

Verbeek, P.J.M., Prins, U., Ketelaar, R., Eichhorn, K. & E. Brouwer, 2021. Het akkerboek, ontwikkeling en beheer van kruidenrijke akkers. VBNE & KNNV, in druk.

5. BIJLAGE 1: ANALYSES

Drooggewicht en organisch stofgehalte

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo af te wegen in aluminiumbakjes. De bakjes werden precies tot aan de rand afgevuld (volume = 40,5 ml), zodat de soortelijke massa van de bodem kan worden bepaald. De bodems werden gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal opnieuw gewogen en werd het vochtverlies berekend. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door via het gloeiverlies bepaald. Hiertoe werd gedroogd bodemmateriaal gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Olsenextractie

Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plantbeschikbaar fosfaat worden bepaald. Hiertoe werd aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Destructie

Door de bodem en plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega of Ethos Easy) werden geplaatst. De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. Het destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Zoutextractie

Met een zoutextractie kunnen de de zoutuitwisselbare ionen bepaald worden. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2 mol l^{-1} NaCl) gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

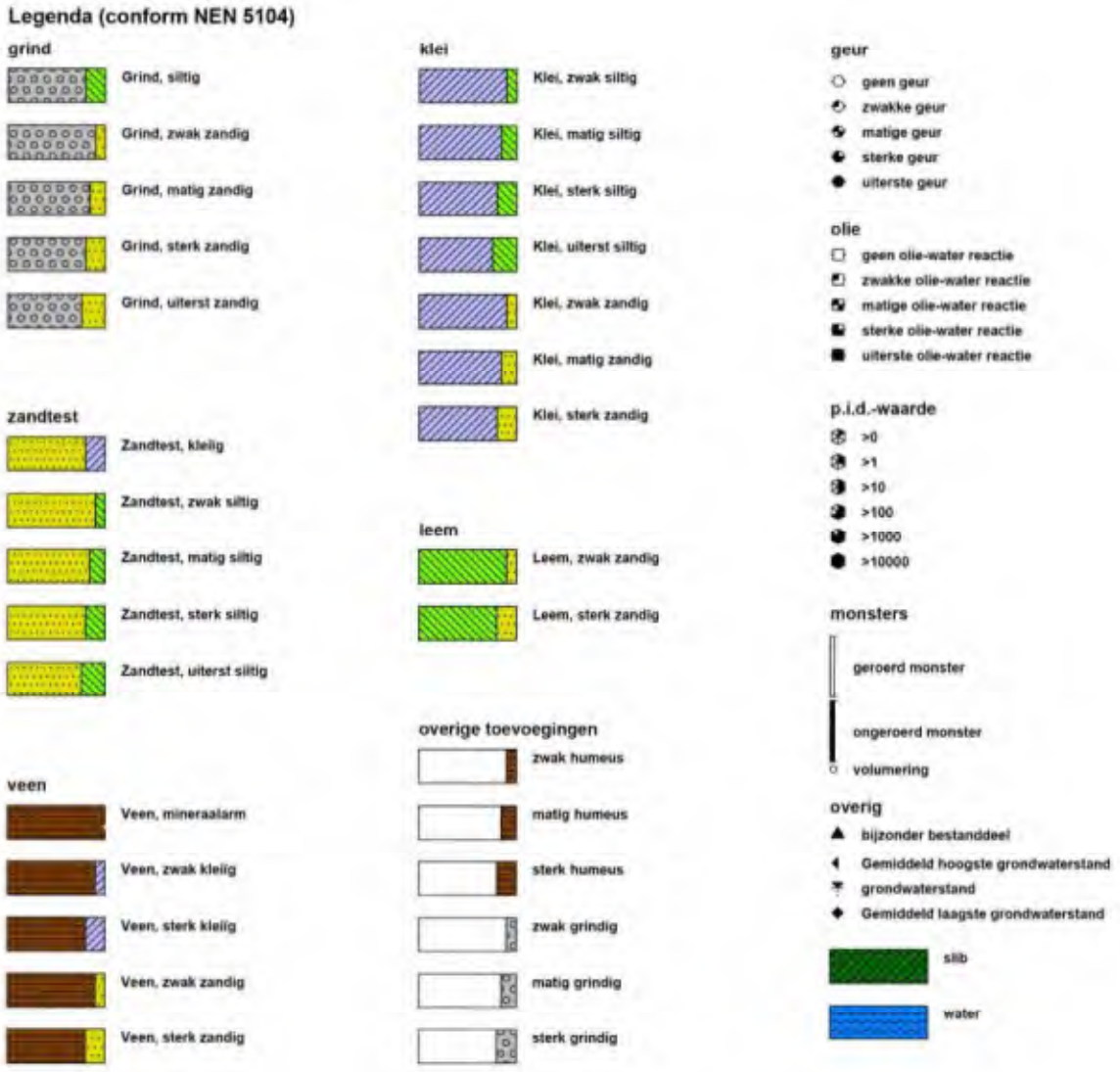
Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific of, ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl^-) werd

colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

6. BIJLAGE 2: BOORPROFIELEN ATKB

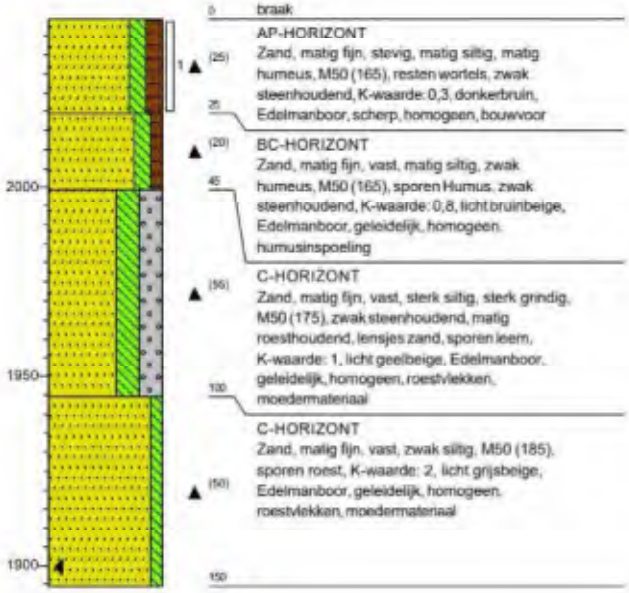
Legenda:



ATKB

Boring: 01

X:	172394,09
Y:	412542,67
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.I.2e
N.A.P. :	20,446
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GHG:	145



0 braak

1 (25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (165), resten wortels, zwak steenhoudend, K-waarde: 0,3, donkerbruin, Edelmanboor, scherp, homogeen, bouwvoor

25 (20) BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, matig siltig, zwak humeus, M50 (165), sporen Humus, zwak steenhoudend, K-waarde: 0,8, licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, humusinspoeling

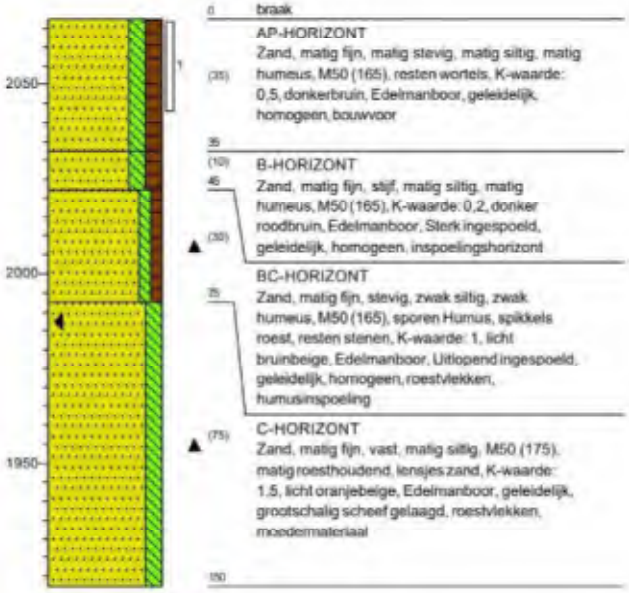
45 (55) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, sterk siltig, sterk grindig, M50 (175), zwak steenhoudend, matig roesthoudend, lensjes zand, sporen leem, K-waarde: 1, licht geelbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

100 (50) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, M50 (185), sporen roest, K-waarde: 2, licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

150

Boring: 02

X:	172417,58
Y:	412433,74
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.I.2e
N.A.P. :	20,675
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GHG:	80



0 braak

1 (35) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (165), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

35 (10) B-HORIZONT
Zand, matig fijn, stijf, matig siltig, matig humeus, M50 (165), K-waarde: 0,2, donker roodbruin, Edelmanboor, Sterk ingespoeld, geleidelijk, homogeen, inspoelingshorizont

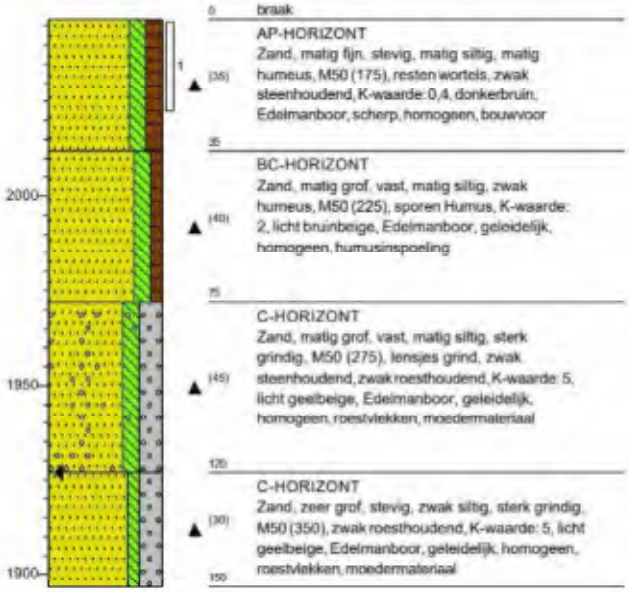
45 (30) BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, zwak siltig, zwak humeus, M50 (165), sporen Humus, spikkels roest, resten stenen, K-waarde: 1, licht bruinbeige, Edelmanboor, Uitlopend ingespoeld, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

75 (75) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, matig siltig, M50 (175), matig roesthoudend, lensjes zand, K-waarde: 1,5, licht oranjebeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

150

Boring: 03

X:	172390,87
Y:	412339,53
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.I.2e
N.A.P. :	20,469
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GHG:	120



0 braak

1 (35) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (175), resten wortels, zwak steenhoudend, K-waarde: 0,4, donkerbruin, Edelmanboor, scherp, homogeen, bouwvoor

35 (40) BC-HORIZONT
Zand, matig grof, vast, matig siltig, zwak humeus, M50 (225), sporen Humus, K-waarde: 2, licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, humusinspoeling

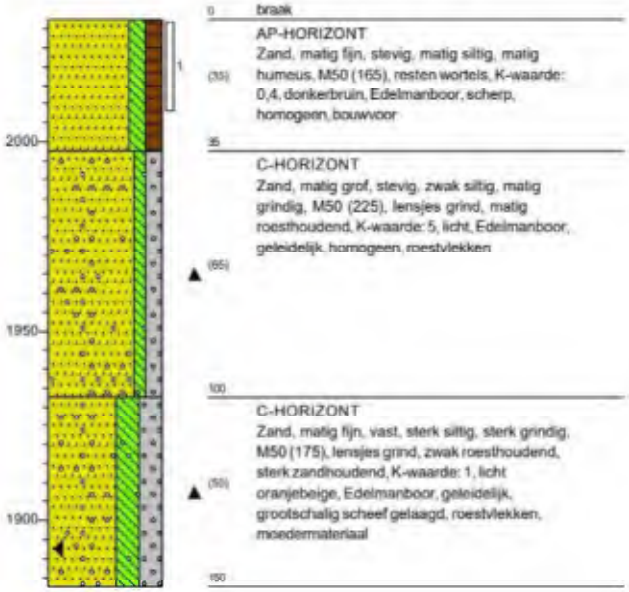
75 (45) C-HORIZONT
Zand, matig grof, vast, matig siltig, sterk grindig, M50 (275), lensjes grind, zwak steenhoudend, zwak roesthoudend, K-waarde: 5, licht geelbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

120 (30) C-HORIZONT
Zand, zeer grof, stevig, zwak siltig, sterk grindig, M50 (350), zwak roesthoudend, K-waarde: 5, licht geelbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

150

Boring: 04

X:	172316,85
Y:	412261,28
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.I.2e
N.A.P. :	20,325
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GHG:	140



0 braak

1 (35) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (165), resten wortels, K-waarde: 0,4, donkerbruin, Edelmanboor, scherp, homogeen, bouwvoor

35 (65) C-HORIZONT
Zand, matig grof, stevig, zwak siltig, matig grindig, M50 (225), lensjes grind, matig roesthoudend, K-waarde: 5, licht, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken

100 (50) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, sterk siltig, sterk grindig, M50 (175), lensjes grind, zwak roesthoudend, sterk zandhoudend, K-waarde: 1, licht oranjebeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

150

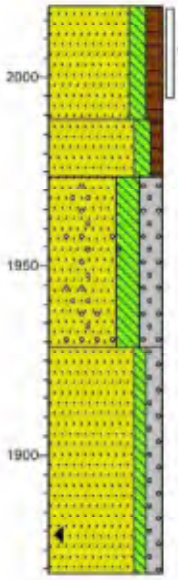
Projectcode: PR-21.112 ***Opdrachtgever: Bware***

Projectnaam: Maashorst nulmeting

ATKB

Boring: 05

X:	172285,51
Y:	412136,50
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.I.2e
N.A.P. :	20,189
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GHG:	140



0 braak

1 (30) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (165), resten wortels, zwak steenhoudend, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, scherp, homogeen, bouwvoor

30 (15) BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, zwak humeus, M50 (175), sporen Humus, brokken zand, K-waarde: 1, donker bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, omgewerkte grond

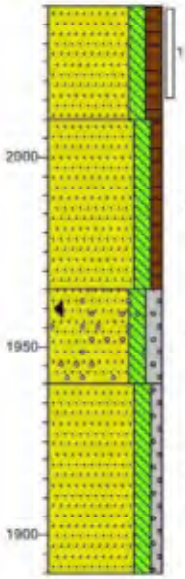
45 (45) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, sterk siltig, sterk grindig, M50 (155), matig steenhoudend, insluitingen grind, zwak roesthoudend, K-waarde: 1, licht geelbeige, Grindboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

90 (60) C-HORIZONT
Zand, matig grof, vast, zwak siltig, matig grindig, M50 (225), sporen roest, K-waarde: 2, licht geelbeige, Grindboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

150

Boring: 06

X:	172329,60
Y:	412501,84
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.I.2e
N.A.P. :	20,401
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GHG:	80



0 braak

1 (30) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (175), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, scherp, homogeen, bouwvoor

30 BC-HORIZONT
Zand, matig grof, matig stevig, matig siltig, zwak humeus, M50 (250), sporen Humus, (45) K-waarde: 2, licht bruinbeige, Edelmanboor, iets doorgewerkt, geleidelijk, heterogeen, humusinspoeling

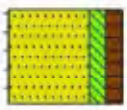
75 (25) C-HORIZONT
Zand, zeer grof, vast, matig siltig, matig grindig, M50 (350), lensjes grind, matig roesthoudend, K-waarde: 5, licht oranjebeige, Edelmanboor, Roest door stagnatielaag, scherp, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

100 (50) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, matig siltig, zwak grindig, M50 (155), sporen roest, K-waarde: 0,4, licht witbeige, Edelmanboor, Stug dicht zand, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

150

Boring: 06.01

X:	172308,78
Y:	412613,70
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.I.2e
N.A.P. :	20,26
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



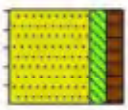
0 braak

(25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (185), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

25

Boring: 06.02

X:	172310,13
Y:	412602,63
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.I.2e
N.A.P. :	20,404
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



0 braak

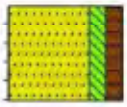
(25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (185), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

25

ATKB

Boring: 06.03

X:	172312,42
Y:	412589,01
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	20,398
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



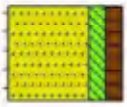
0 braak

(25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (185), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

25

Boring: 06.04

X:	172312,50
Y:	412589,04
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	20,368
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



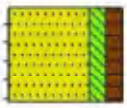
0 braak

(25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (185), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

25

Boring: 06.05

X:	172317,98
Y:	412567,50
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	20,443
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



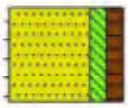
0 braak

(25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (185), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

25

Boring: 06.06

X:	172323,38
Y:	412551,01
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	20,436
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



0 braak

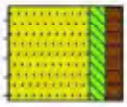
(25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (185), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

25

ATKB

Boring: 06.07

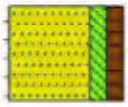
X: 172321,75
Y: 412536,40
Datum: 27-9-2021
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 20,389
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



0 braak
(25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (185), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor
25

Boring: 06.08

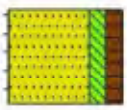
X: 172319,17
Y: 412521,12
Datum: 27-9-2021
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 20,34
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



0 braak
(25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (185), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor
25

Boring: 06.09

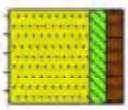
X: 172316,95
Y: 412502,65
Datum: 27-9-2021
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 20,314
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



0 braak
(25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (185), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor
25

Boring: 06.11

X: 172343,97
Y: 412495,69
Datum: 27-9-2021
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 20,417
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

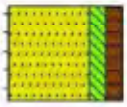


0 braak
(25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (185), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor
25

ATKB

Boring: 06.12

X:	172345,15
Y:	412480,01
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	20,372
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



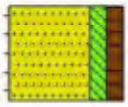
0 braak

(25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (185), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

25

Boring: 06.13

X:	172343,00
Y:	412463,17
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	20,478
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



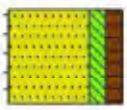
0 braak

(25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (185), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

25

Boring: 06.14

X:	172343,05
Y:	412447,99
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	20,465
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



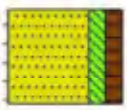
0 braak

(25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (185), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

25

Boring: 06.15

X:	172343,74
Y:	412433,51
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	20,392
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



0 braak

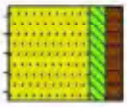
(25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (185), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

25

ATKB

Boring: 06.16

X:	172341,86
Y:	412418,11
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.T.Ze
N.A.P. :	20,426
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



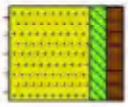
0 braak

(25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (185), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

25

Boring: 06.17

X:	172337,81
Y:	412403,90
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.T.Ze
N.A.P. :	20,38
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



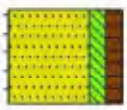
0 braak

(25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (185), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

25

Boring: 06.18

X:	172350,06
Y:	412398,81
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.T.Ze
N.A.P. :	20,314
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



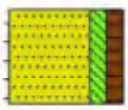
0 braak

(25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (185), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

25

Boring: 06.19

X:	172368,30
Y:	412395,91
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	S.T.Ze
N.A.P. :	20,387
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



0 braak

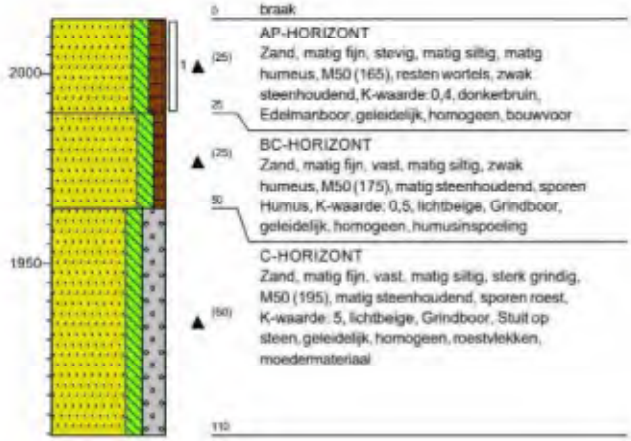
(25) AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (185), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

25

ATKB

Boring: 7

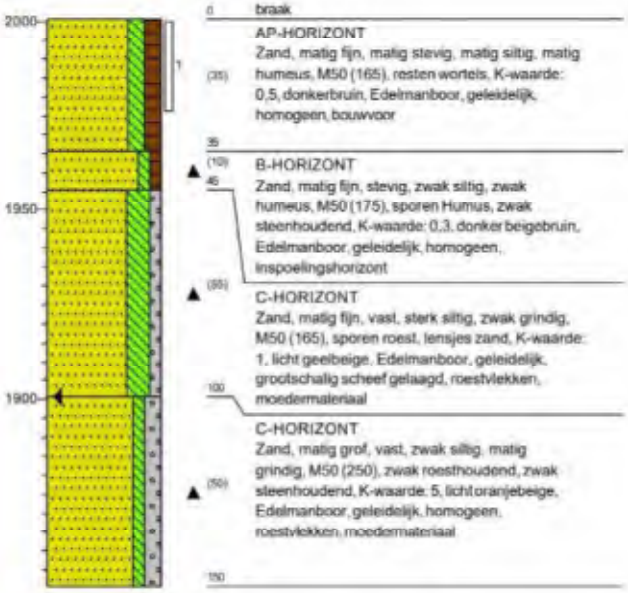
X: 172194,10
Y: 412526,74
Datum: 27-9-2021
Boormeester: S.I.Ze
N.A.P. : 20,147
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



Boring: 8

X: 172051,06
Y: 412284,27
Datum: 27-9-2021
Boormeester: S.I.Ze
N.A.P. : 20,006
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

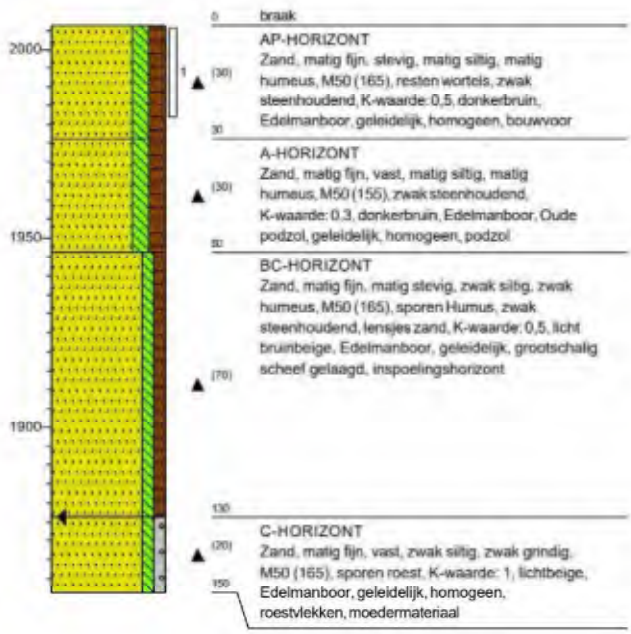
GHG: 100



Boring: 9a

X: 171881,53
Y: 412118,87
Datum: 27-9-2021
Boormeester: S.I.Ze
N.A.P. : 20,064
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

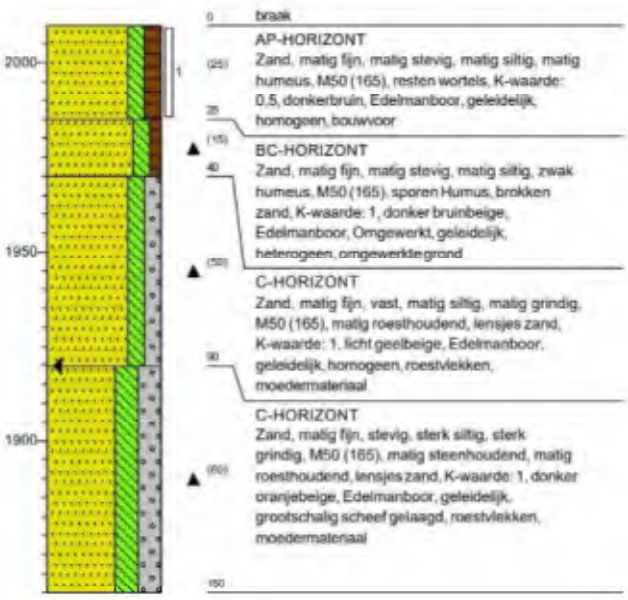
GHG: 130



Boring: 10

X: 171988,25
Y: 411986,23
Datum: 27-9-2021
Boormeester: S.I.Ze
N.A.P. : 20,099
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

GHG: 90



Projectcode: PR-21.112 ***Opdrachtgever: Bware***

Projectnaam: Maashorst nulmeting

ATKB

Boring: 11

X:	172150,61
Y:	412156,98
Datum:	27-9-2021
Boormeester:	G.T.Ze
N.A.P. :	20,265
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GHG:	120

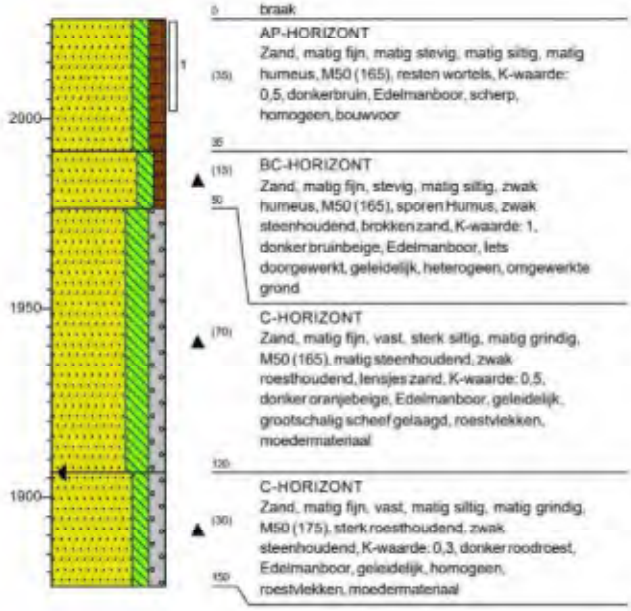


Foto van het uitgelegd boorprofiel op locatie 1 tot en met 6 (van linksboven naar rechtsonder), met linksboven de toplaag en rechtsonder de diepste bodemlaag.

Foto van het uitgelegd boorprofiel op locatie 7 tot en met 11 (van linksboven naar rechtsonder), met linksboven de toplaag en rechtsonder de diepste bodemlaag.

ONDERZOEKCENTRUM B ware

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

VERVOLGSTUDIE BODEMCHEMISCH ONDERZOEK OUDE STRIJPER AA

- AANVULLENDE BODEMANALYSES 2020 -

- Eindrapportage -

Opdrachtgever: Staatsbosbeheer • Auteurs: 5.1.2e &
5.1.2e • Projectnummer: PR-20.119 • Rapportnummer: RP-20.119.20.97 •
Datum: 6 oktober 2020

VERVOLGSTUDIE BODEMCHEMISCH ONDERZOEK OUDE STRIJPER AA

- AANVULLENDE BODEMANALYSES 2020 -

Eindrapportage

5.1.2e

5.1.2e

ONDERZOEKCENTRUM B ware

Titel rapport:
Vervolgstudie bodemchemisch onderzoek Oude Strijper Aa - aanvullende bodemanalyses 2020 -, eindrapportage

Auteurs:
5.1.2e & 5.1.2e

Rapportnummer: RP-20.119.20.97

Opdrachtgever:
Staatsbosbeheer, Amersfoort

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:
5.1.2e
Tel: 5.1.2e
5.1.2e @b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2020

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding 1

1.1 Aanleiding 1

1.2 Aanpak bodemchemisch onderzoek 1

1.3 Leeswijzer 1

2. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond 5

2.1 Nutriëntenlimitatie 5

2.2 Fosfaatbeschikbaarheid 5

2.3 Verschralingsmaatregelen 6

2.4 Aanvullende (beheer)maatregelen 8

3. Materiaal en methoden 9

3.1 Veldwerkzaamheden 9

3.2 Chemische analyse 11

3.3 Berekening verschralingsduur 12

4. Resultaten bodemchemisch onderzoek 13

4.1 Inleiding 13

4.2 Bodemchemie 13

4.3 Abiotische randvoorwaarden natuurbeheertypen 17

4.4 Toekomstige hydrologische situatie 18

4.5 Deelgebied 1 20

4.6 Deelgebied 2 22

4.7 Deelgebied 3 27

4.8 Samenvatting kansen voor natuurontwikkeling 32

4.9 Aanvullende maatregelen 37

5. Conclusies en aanbevelingen 41

5.1 Belangrijkste conclusies 41

5.2 Aanbevelingen 41

6. Literatuur 43

7. Bijlagen 45

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

In de directe omgeving van de Oude Strijper Aa werkt Staatsbosbeheer samen met Waterschap de Dommel aan een herinrichting van het gebied. In 2010, 2016 en 2018 is op een groot aantal locaties al een bodemchemisch onderzoek uitgevoerd om de potenties voor natuurontwikkeling in beeld te brengen (Figuur 1). BTL Advies is bezig met de voorbereiding van maatregelen in een drietal deelgebieden. De ambitie is om in deze deelgebieden (rood omlijnd in Figuur 1) vochtig alluviaal bos (H91E0_C) of vochtige heide (H4010_A) te ontwikkelen (Figuur 2).

Bij de eerdere onderzoeken zijn echter niet alle betrokken percelen onderzocht en Staatsbosbeheer heeft daarom Onderzoekcentrum B-WARE gevraagd om een aanvullend bodemchemisch onderzoek uit te voeren. Dit onderzoek moet inzicht geven in de potenties voor de genoemde habitattypen via verschalen van de toplaag van de bodem, na eventueel afgraven van de P-rijke toplaag (maximaal 30 cm) of een combinatie van beide verschralingsmaatregelen.

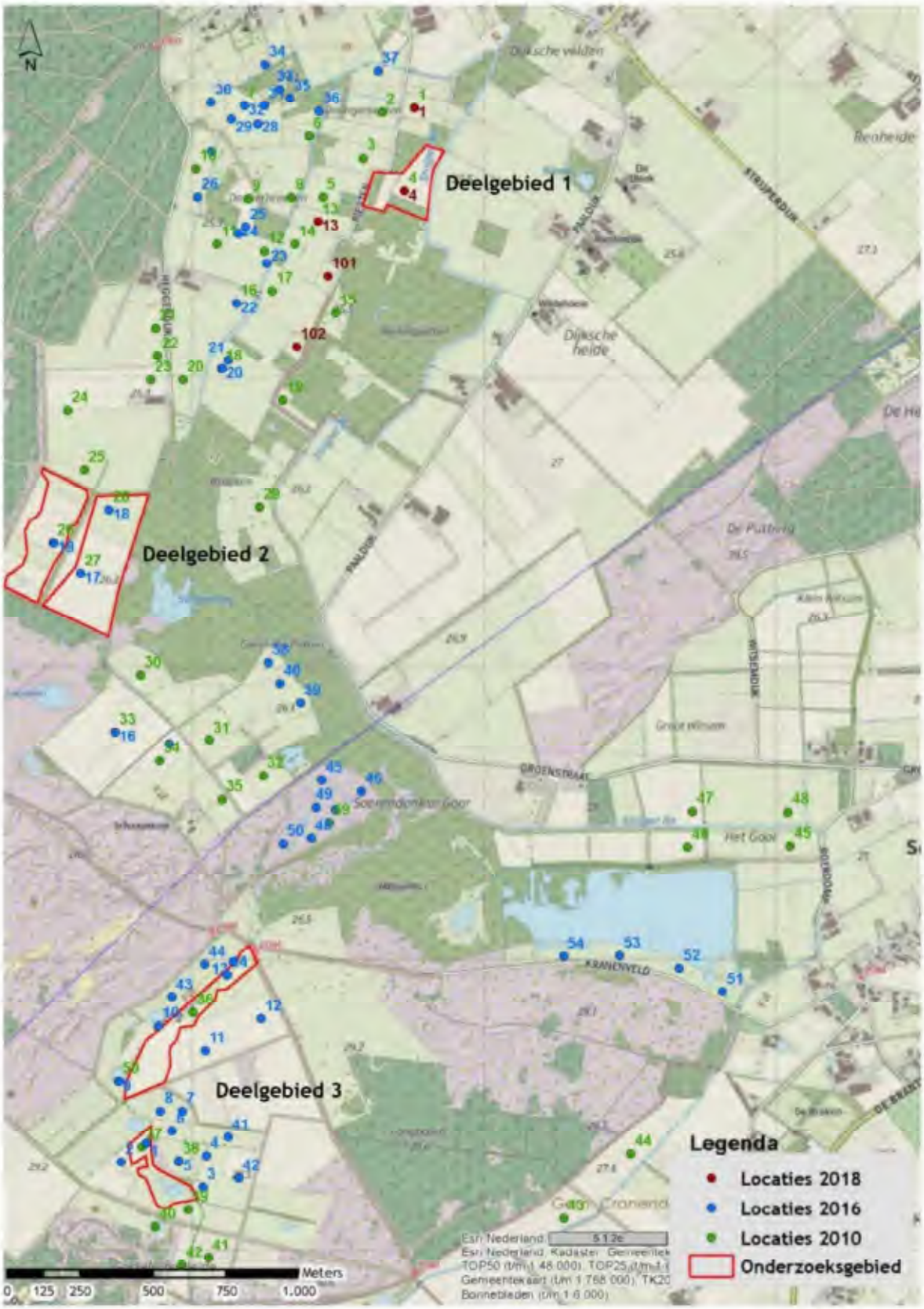
1.2 Aanpak bodemchemisch onderzoek

Op 17 aanvullende locaties in het gebied zijn op verschillende diepten bodemmonsters verzameld en chemisch geanalyseerd. Op basis van de bodemchemische onderzoeksresultaten is in deze rapportage aangegeven op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor vochtig alluviaal bos of vochtige heide gerealiseerd kan worden en welke verschralingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. Het onderzoek geeft antwoord op de volgende onderzoeksvragen:

1. Hoe is de bodemopbouw op de 17 boorlocaties?
2. Hoe hoog zijn de P-concentraties in de toplaag van de bodem en wat is de verschralingsduur voor de ontwikkeling van de beoogde natuurtypen?
3. Tot op welke diepte is de bodem verrijkt met fosfor?
4. Zijn er mogelijkheden om de beoogde natuurtypen te ontwikkelen door middel van een verschralingsbeheer, een beperkte ontgronding of een combinatie van beide maatregelen?
5. Welke natuurpotenties zijn er op basis van de bodemchemie (vnl. op basis van bodemtype, buffering en fosfaatbeschikbaarheid) en de toekomstige hydrologische omstandigheden?
6. Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen worden geadviseerd?

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden en in hoofdstuk 3 worden de toepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het bodemchemisch onderzoek gepresenteerd, de kansen voor de natuurontwikkeling en welke (inrichtings)maatregelen daarvoor nodig zijn. In hoofdstuk 5 staan de belangrijkste conclusies en aanbevelingen beschreven. In hoofdstuk 6 staat een overzicht van de gebruikte literatuur, gevolgd door de bijlagen in hoofdstuk 7.



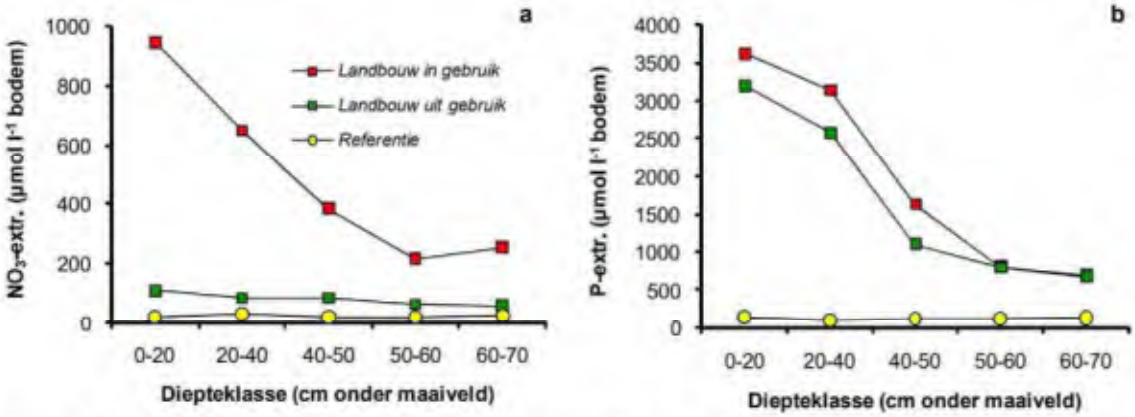
Figuur 1. Ligging van de drie deelgebieden (rood omlijnd) in het dal van de Oude Strijper Aa. Op de kaart zijn de locaties weergegeven die in 2010, 2016 of 2018 al zijn onderzocht.

Figuur 2. Kaartjes waarop de ambitiehabitattypen (H91E0_C en H4010_A) voor de drie deelgebieden zijn aangegeven. Bron: Staatsbosbeheer.

2. NATUURONTWIKKELING OP VOORMALIGE LANDBOUWGROND

2.1 Nutriëntenlimitatie

De kansen op een goede natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden wordt sterk bepaald door de beschikbaarheid van fosfor (P) (Lamers e.a., 2005). Stikstoflimitatie is moeilijk te bereiken vanwege de nog steeds hoge stikstofdepositie en ook omdat onder relatief stikstofarme omstandigheden stikstofbindende soorten zich sterk uitbreiden. Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Figuur 3; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006).

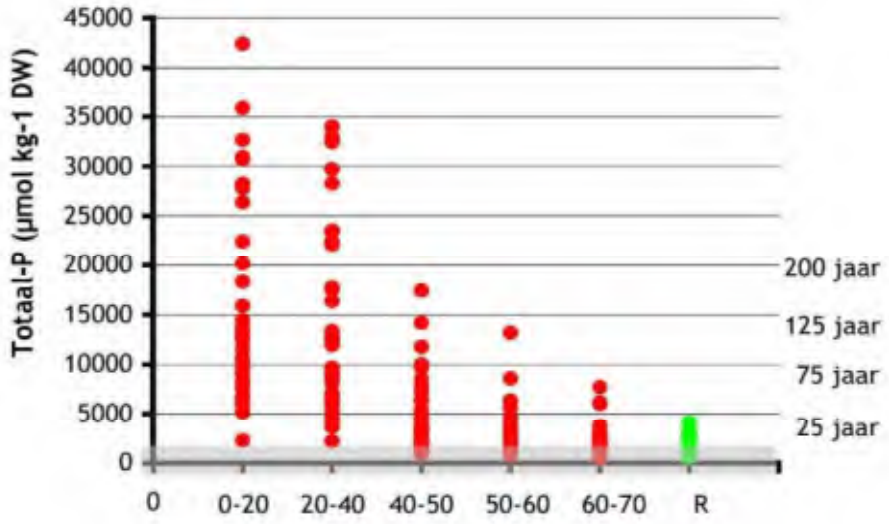


Figuur 3. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de bodem niet meer in landbouwkundig gebruik is doordat het uitspoelt naar het grondwater of wordt gedenitrificeerd. Het sterk in de bodem gebonden (immobiele) fosfaat verdwijnt echter niet op een natuurlijke wijze uit de bodem. Bron: Lamers e.a. (2009).

2.2 Fosfaatbeschikbaarheid

In tegenstelling tot stikstof neemt de fosforbeschikbaarheid niet door uitspoeling sterk af. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde uitgangssituatie te krijgen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd) (Figuur 4; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag meestal onontkoombaar. Hierbij is het belangrijk om vast te stellen tot hoe diep ontgrond moet worden om een voldoende P-arme uitgangssituatie te creëren. Dit kan door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten (Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; van Mullekom e.a., 2013).

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders e.a., 2006). In de bodem zorgen geoxideerde ijzerverbindingen (ijzer(hydr)oxiden; roest) in belangrijke mate voor de vastlegging van fosfaat. Onder natte condities kan er geen zuurstof meer in de bodem doordringen waardoor geoxideerde ijzerverbindingen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen.



Figuur 4. Totaal-P concentraties in verschillende voormalige landbouwgronden (rood) en referentiegebieden (R, groen). Op de X-as wordt de diepte in cm weergegeven waarop de monsters zijn genomen. Het grijze gebied geeft de streefwaarde van 2500 µmol totaal-P per kilogram droge bodem. Rechts wordt het aantal jaren gegeven dat nodig is om de totaal-P waarden te laten dalen tot deze referentiewaarde door middel van maaien en afvoeren, aannemende dat er 10 kg P per hectare per jaar kan worden afgevoerd. Bron: Smolders e.a. (2006).

2.3 Verschralingsmaatregelen

Verschraling (limitatie van voedingsstoffen) op voormalige landbouwgronden kan op verschillende manieren bereikt worden. De verschillende gangbare methoden worden in de volgende alinea's beknopt toegelicht en kunnen met elkaar gecombineerd worden:

Extensieve begrazing

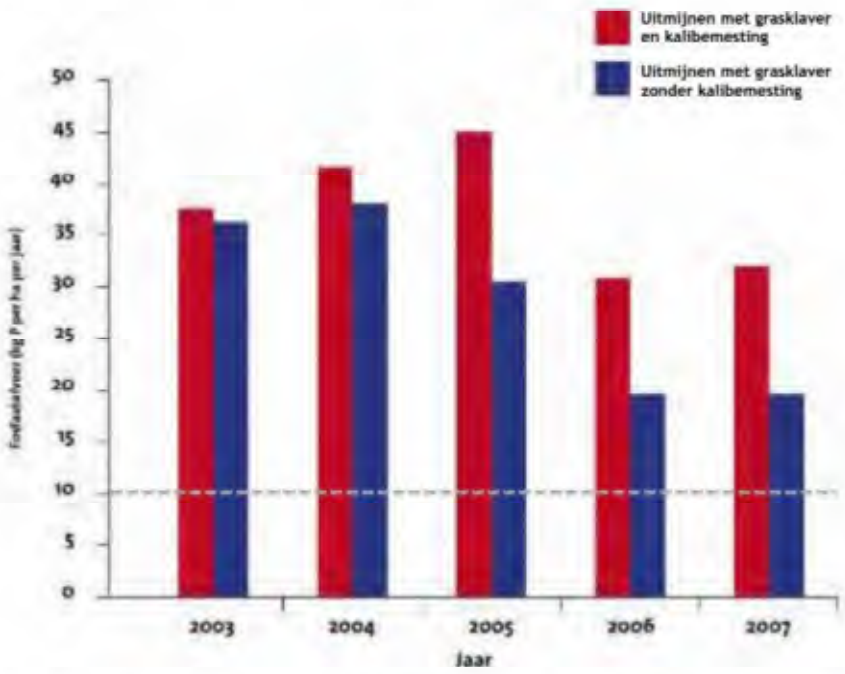
Bij extensieve begrazing worden nutriënten opgenomen door grazers. Via mest en urine komen ze dan elders weer vrij. Probleem hiervan is echter dat dit vooral leidt tot herverdeling van nutriënten binnen het gebied en veel minder tot de afvoer van nutriënten. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*), niet of weinig gegeten, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009).

Intensief beheer met maaien en afvoeren

Intensief beheer in de vorm van maaien en afvoeren levert in veel gevallen voldoende resultaat op om de bestaande (gewenste) vegetaties in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal worden afgevoerd, waardoor ze uit het systeem worden onttrokken (Smolders e.a., 2006). Echter, bij landbouwgronden, die intensief zijn bemest, is deze vorm van beheer niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem snel te verlagen. Het kan vele jaren duren, bij sterk bemeste percelen vaak tot 200 jaar, voordat zoveel nutriënten zijn verwijderd dat er sprake is van een voedselarme bodem (Figuur 4, Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005).

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschraling door middel van een gewas waarvan de productie op peil wordt gehouden door middel van aanvullende bemesting opdat de afvoeren van het doelnutriënt (fosfor) maximaal is. Door middel van het zaaien van grasklaver in combinatie met kalibemesting en een maaibeheer kan fosfaat versneld (40 kg P/ha/jaar: 4x sneller als met maaien en afvoeren) aan de bodem worden onttrokken (Figuur 5; Timmermans & van Eekeren, 2012). Klaver houdt met haar stikstofbinding de productie gaande en kalibemesting wordt gebruikt om klaver optimaal te laten groeien. Ook met deze beheersmaatregel duurt het op voormalige landbouwgronden vaak tientallen jaren voordat het gewenste verschralingsniveau is bereikt (van Mullekom e.a., 2013). Het uitmijnen kan versneld worden door het verwijderen van de extreem voedselrijke toplaag.



Figuur 5. Fosfaatafvoer (in kg fosfor per ha per jaar) door uitmijnen met grasklaver (klaver voor het vastleggen van stikstof) en kalibemesting en met grasklaver zonder kalibemesting (start eind 2002). De fosfaatafvoer werd bereikt door het maken van vier tot vijf maaisneden per jaar. Na enkele jaren daalt de afvoer van fosfaat in het deel zonder aanvullende kalibemesting. Stikstof- en kalibronnen zijn nodig voor een hoge fosfaatafvoer. Op de lange termijn is de gemiddelde afvoer bij uitmijnen ongeveer 40 kg fosfor per ha per jaar. Dit komt overeen met circa 90 kg fosforpentoxide (P_2O_5) per ha per jaar. Met jaarlijks eenmalig maaien en afvoeren kan een fosfaatafvoer van ca. 10 kg P per ha per jaar worden bereikt (grijze stippellijn). Bron: Timmermans & van Eekeren (2012; 2016).

Ontgronden

Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (Smolders e.a., 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het fosfaatfront bepaald worden. Dit komt namelijk niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (Smolders e.a., 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem terecht komen. Door middel van ontgronding kan een snelle verschraling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom e.a., 2007; 2013). Ook kan met een ontgronding de geomorfologie van een gebied worden hersteld. In

het verleden werden natuurlijke hoogtes namelijk vaak afgeschoven in de laagtes om een uniform agrarisch perceel te verwezenlijken. Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven vaak sterk verstoord (zie o.a. Tsiafouli e.a., 2015; Bobbink e.a., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig (zie paragraaf 2.4), zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgronding van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

2.4 Aanvullende (beheer)maatregelen

Na het verwijderen van de P-verrijkte toplaag is het vaak nodig om nog een aantal jaren aanvullend verschralingbeheer te plegen door middel van maaien en afvoeren. Begrazen houdt het terrein wel open maar leidt nauwelijks of niet tot een verdere verschraling van het terrein. Nadat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd is er vaak nog geen sprake van de gewenste vegetatieontwikkeling. Met name de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over. Door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat nitraat werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (van Mullekom e.a., 2009; 2013). Wanneer plagsel wordt gebruikt voor herintroductie worden tevens mycorrhiza's (schimmels die planten helpen bij de opname van voedingsstoffen op voedselarme gronden) van de doelsoorten en andere essentiële bodem micro-organismen in het gebied geïntroduceerd (Bobbink e.a., 2016). Zonder introductie van doelsoorten is de kans op vestiging van deze soorten te verwaarlozen indien er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska e.a., 2007).

Uiteraard is het voor het realiseren van een gewenst natuurdoeltype niet alleen van belang dat de bodemchemie geschikt is maar tevens dat de hydrologie van het systeem op orde is. Met name in grondwaterafhankelijke systemen (bijv. nat schraalland en dotterbloemhooiland) zullen veelal aanvullende hydrologische maatregelen nodig zijn. Deze maatregelen moeten vaak in de omgeving genomen worden omdat grondwaterafhankelijke systemen vaak gevoed worden door grondwater dat inzijgt op aanzienlijke afstand. Een bijkomend voordeel van verschralen via ontgronden is dat door verlaging van het maaiveld de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld stijgen, waardoor waarschijnlijk minder ingrijpende hydrologische maatregelen in de omgeving noodzakelijk zijn.

3. MATERIAAL EN METHODEN

3.1 Veldwerkzaamheden

Op 29 en 30 juli 2020 werden voor het bodemchemisch onderzoek op 17 locaties ondiepe boringen (tot 150 cm onder maaiveld) gezet. De locaties werden geselecteerd op basis van o.a. variatie in huidige/actuele perceelgrenzen, hoogteligging en bodemtype. Voor de exacte ligging van de boorlocaties zie Figuur 6. De boringen werden verricht met een Edelmanboor en de exacte locaties werden ingemeten met een RTK-dGPS (zie Tabel 1). Het bodemprofiel werd beschreven volgens NEN 5104 door boormeester 5.1.2e van ATKB (zie Bijlage 1 voor de profielbeschrijvingen). Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en indien waarneembaar in het profiel ook de GHG en GLG (Tabel 1).

Tabel 1. XY-coördinaten, hoogte Z (in m +NAP), landgebruik (GS = grasland, AK = akker en BR = braak/natuur), actuele grondwaterstand (GWS; 29 of 30 juli 2020), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) Grondwaterstanden zijn gegeven in cm onder maaiveld. Voor ligging van de locaties zie Figuur 6.

Locatie	X	Y	Z	Landgebruik	GWS	GLG	GHG
1	165807	370744	25,16	GS	120	120	50
2	165741	370691	25,02	GS	100	100	50
3	165646	370603	24,47	GS	90	90	50
4	164599	369601	26,04	GS	130	130	80
5	164511	369570	26,22	GS	120	120	70
6	164448	369394	26,29	GS	110	110	60
7	164464	369318	26,12	GS	100	110	60
8	164391	369292	26,22	GS	110	140	60
9	164788	369456	25,71	GS	90	120	50
10	164729	369334	25,93	AK	90	100	50
11	164595	369259	26,19	AK	100	110	60
12	164675	369154	26,04	AK	85	110	40
13	165200	368006	27,99	BR	>150	>150	125
14	164930	367757	28,00	GS	130	140	80
15	164846	367611	27,74	GS	150	>150	75
16	164845	367267	27,44	BR	40	50	0
17	164921	367240	27,31	BR	50	60	0

De gehanteerde bemonsteringsstrategie werd afgestemd op de dikte van de aangetroffen bouwvoor, waarbij op de volgende 4 diepten bodemmonsters werden verzameld:

- Toplaag bouwvoor (0-20 cm-mv);
- Restant bouwvoor;
- 0-10 cm onder de bouwvoor;
- 10-20 cm onder de bouwvoor.

De bodemmonsters werden in afgesloten potten vervoerd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. In totaal werden 69 bodemmonsters verzameld, waarvan 55 monsters werden geanalyseerd. De monsters van de diepste bodemlagen (10-20 cm-bv) werden niet geanalyseerd, maar zijn bewaard in de koeling om in een later stadium nog eventueel te kunnen analyseren.

Figuur 6. Kaart met de ligging van de drie deelgebieden en de boorlocaties (1 t/m 17; zwarte stippen) in het dal van de Oude Strijper Aa. Op de kaart worden ook de locaties weergegeven waarvan in 2010, 2016 of 2018 de bodemchemie werd bepaald (Antheunisse, 2010; van Mullekom e.a., 2019). De nummering van de locaties komt overeen met de XY-coördinaten in Tabel 1. Ondergrond: Open Topografie Nederland.

3.2 Chemische analyse

Per bodemmonster werden vervolgens de volgende variabelen bepaald:

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid;
- Olsen-P (plantenbeschikbare P fractie);
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);
- Op een selectie van bodemmonsters (toplaag en bodemlaag direct onder de bouwvoor): pH-zout en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. ammonium, nitraat en calcium.

Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid

Het vochtpercentage van het verse bodemmateriaal werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 48 uur bij 60°C. Omdat de bakjes precies tot aan de rand werden afgevuld (volume = 40,5 ml) konden later ook de concentraties worden omgerekend naar mol per liter bodemvolume. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Plantenbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen e.a.,1954) bepaald. Het principe van deze extractiemethode is dat natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) zorgt voor een daling van de concentratie opgeloste calciumionen via de vorming van onoplosbaar calciumcarbonaat ($CaCO_3$). Hierdoor stijgt de concentratie opgelost fosfaat. Natriumbicarbonaat brengt ook de labiele, voor planten snel beschikbare, proportie van de organische fractie in oplossing. Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4°C bewaard tot verdere analyse. De Olsen-P concentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmateriaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2, 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milli Q water. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4 °C bewaard voor verdere analyse. Concentraties van elementen werden berekend in µmol per liter bodem.

Zoutextractie (NaCl-extractie)

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden ionen verdrongen door natrium en chloride. Met deze extractie kan onder andere de pH, ammonium- en nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden. Daarnaast kan op basis van de aluminium/calcium-ratio een goede inschatting gemaakt worden van de buffercapaciteit van de bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol l^{-1} natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 120 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het supernantant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. De elementenconcentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), kalium (K), natrium (Na), chloride (Cl), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) in het oppervlaktewater en bodemextracten werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP; ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur.

3.3 Berekening verschralingsduur

Om te kunnen bepalen of verschraling via maaien en afvoeren of uitmijnen binnen een redelijke termijn te realiseren is, kan op basis van de Olsen-P en totaal-P concentratie een indicatieve verschralingsduur berekend worden. De verschralingsduur voor maaien en afvoeren is berekend op basis van het verschil tussen de actuele totaal-P concentratie en de totaal-P streefconcentratie, uitgaande van een P-afvoer van 10 kg hectare per jaar (Chardon, 2008). De streefconcentratie voor totaal-P is hierbij niet op een standaardwaarde vastgesteld, maar berekend aan de hand van de streefwaarde voor Olsen-P en de actuele beschikbare P-fractie (Olsen-P/totaal-P-ratio). Stel dat de actuele P-fractie 0,1 is (10% van het totaal-P is beschikbaar P), dan is bij een streefwaarde van 500 µmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ((0,5/10) x 100). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem de actuele P-fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ((0,5/5) x 100). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschralingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschralingsduur 10-20% lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschraling in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschralingsduur hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschralingsduur. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 3 mmol/l. Verschralen via uitmijnen verloopt ca. 4 keer zo snel dan verschralen via maaien en afvoeren (zie paragraaf 2.3)

4. RESULTATEN BODEMCHEMISCH ONDERZOEK

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodemchemische onderzoek beschreven. Het onderzoek vormt een aanvulling op de eerdere bodemchemische onderzoeken die in het gebied zijn uitgevoerd (Antheunisse, 2010, van Mullekom e.a., 2016; 2019). In paragraaf 4.2 worden de resultaten van de aanvullende bodemchemische analyses gepresenteerd. In paragraaf 4.3 worden de abiotische randvoorwaarden van de beoogde natuurbeheertypen beschreven en in paragraaf 4.4 wordt ingegaan op de toekomstige grondwaterstanden in het gebied. In paragraaf 4.5 t/m 4.7 worden per deelgebied de potenties voor natuurontwikkeling besproken en welke maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. In paragraaf 4.8 worden de kansen voor natuurontwikkeling samengevat en tenslotte worden in paragraaf 4.9 enkele algemene aandachtspunten bij natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond gegeven.

4.2 Bodemchemie

Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid in de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P concentratie een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem waarvan een deel op termijn weer beschikbaar kan komen voor planten. Vanwege het feit dat planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties in deze rapportage uitgedrukt per liter verse bodem. In Tabel 2 worden de resultaten van de bodemchemische analyses weergegeven.

De percelen met locatie 1 t/m 12, 14 en 15 zijn in gebruik als intensief grasland of akker en locatie 13, 16 en 17 liggen braak of zijn reeds (omgevormd tot) natuur (Tabel 1). Uit de bodemchemische analyses blijkt dat de bodem op locatie 16 en 17 P-arm is (< 300 µmol Olsen-P/l en < 5 mmol P-t/l; Tabel 2). De totale P-voorraad in de bodem op locatie 13 is relatief laag (< 6 mmol P-t/l), maar doordat deze bodem arm is aan ijzer en calcium is de fosfaatbeschikbaarheid relatief hoog (ca. 40%; 1511-2531 µmol Olsen-P/l; Tabel 2). In Figuur 7 worden boxplots van een aantal belangrijke bodemchemische variabelen op verschillende diepten weergegeven, waarbij alleen de analysedata van de agrarische percelen zijn opgenomen.

Tabel 2 - volgende pagina. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) van bodemlocaties. HZT = horizont; OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie, Pbs = fosfaatbeschikbaarheid (Olsen-P/P-t),S/MgCa = S-t/(Ca-t + Mg-t)-ratio (> 0,67 = verzuringsgevoelig bij droogval; Lucassen e.a., 2002), -z = zoutuitwisselbare (labiele) concentraties, Al/Ca = Al-z/Ca-z-ratio (> 1 is ongunstig; de Graaf e.a., 2009). BV = indicatieve basenverzadiging, M3/M5/M8 = berekende verschralingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren (tot een streefconcentratie van 300/500/800 µmol Olsen-P /l) (totaal-P > 3 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

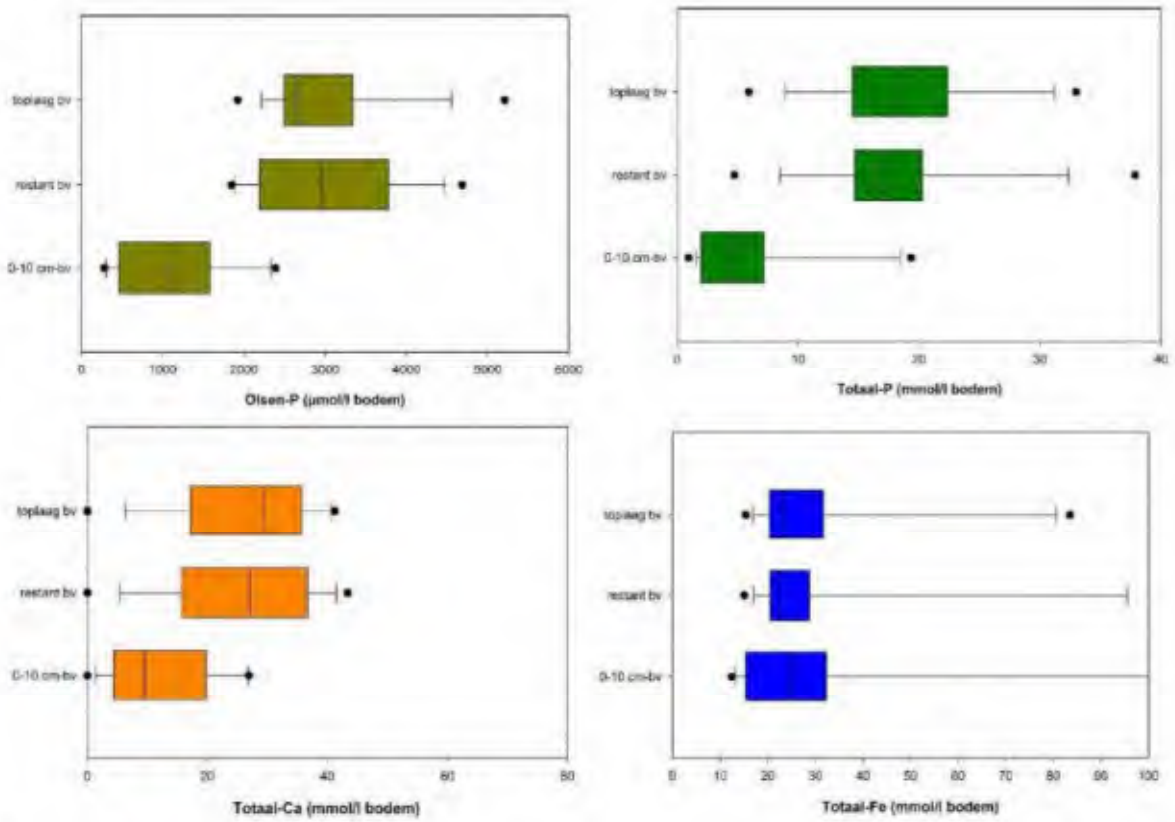
Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO_3-z	Maalen en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<150	<10	<4000	<20				voldoende P-arm
6-10	151-250	10-20	4001-8000	21-50	2-5	51-100	>10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	51-100	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	151-300	31-50	401-800	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>300	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Loc.	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	M/V	Olsen-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	Fe/S/P	K-t	Mg-t	S-t	S/MgCa	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO_3-z	NH_4-z	M3	M5	M8
1	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	Ap	5	11	1,0	5209	29,9	0,17	77	11	84	2,6	3	7	6	0,36	143	4916	0,03	429	648	4,5	93	24	110	72			
	20-30	zand, matig siltig en humeus, bv	Ap	4	12	1,0	4689	28,7	0,16	81	9	102	3,4	4	7	6	0,35											80	80	74
	30-40	veen, uiterst zandig, sterk verzand	C	9	25	0,7	1798	17,8	0,10	74	19	200	10,6	3	6	11	0,45	89	9005	0,01	465	1326	4,9	97	2	112	47	46	40	31
2	0-20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	4	14	1,1	2587	24,0	0,11	90	27	79	3,0	3	10	7	0,18	9	9594	0,00	435	2234	5,4	99	15	94	112			
	20-35	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	4	15	1,2	1912	14,7	0,13	96	25	94	5,9	4	10	5	0,14											55	51	40
	35-45	zand, sterk siltig en humeus, verzand veen	C	3	15	1,2	658	6,8	0,10	90	20	101	14,4	4	9	4	0,12	5	7209	0,00	871	1827	5,6	100			40	12	5	3
3	0-20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	5	18	1,1	4128	33,0	0,13	97	33	74	2,0	5	12	8	0,18	10	9928	0,00	944	2503	5,5	99	23	91	77			
	20-30	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	5	18	1,2	3813	37,9	0,10	107	40	89	2,0	5	13	9	0,18													
	30-40	zand, sterk siltig en humeus	AB	4	18	1,2	2795	19,1	0,12	97	27	70	3,3	5	10	6	0,16	13	8526	0,00	1612	2156	5,6	99	6	240	47	51	47	39
4	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	Ap	2	10	1,3	2411	10,9	0,22	94	11	21	1,5	4	9	5	0,23	31	5628	0,01	272	2674	5,5	99	15	98	62	49	49	45
	20-35	zand, matig siltig en humeus, bv	Ap	2	11	1,3	2959	11,0	0,27	98	9	22	1,8	4	9	5	0,25											37	37	37
	35-45	zand, zwak siltig en humeus	BC	1	10	1,5	1102	3,2	0,34	70	3	15	4,2	3	6	2	0,17	44	4337	0,01	519	1797	5,5	98	14	83	72	1	1	1
5	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	Ap	4	12	1,1	2536	17,6	0,14	79	34	22	0,9	4	12	7	0,14	9	8758	0,00	609	3255	6,0	99	36	72	83	75	66	75
	20-30	zand, matig siltig en humeus, bv	Ap	4	11	1,2	2741	16,6	0,17	83	35	23	1,0	4	12	5	0,12											42	42	37
	30-40	zand, zwak siltig en humeus	BC	1	5	1,4	460	2,0	0,23	49	5	12	5,8	3	7	1	0,07	13	2379	0,01	868	940	6,1	99	2	145	6	5	5	2
6	0-15	zand, matig siltig en humeus, bv	Ap	4	13	1,0	2655	14,5	0,18	85	19	19	0,8	4	10	7	0,23	62	7816	0,01	168	2447	5,3	97	36	183	211	54	54	47
	15-25	zand, matig siltig en humeus, bv	Ap	3	12	1,2	3200	17,5	0,18	93	24	21	0,9	4	10	5	0,16											45	45	41
	25-35	zand, matig siltig en zwak humeus, omgewerkt	BC	1	8	1,5	868	4,6	0,19	133	11	32	6,6	7	15	2	0,07	20	4655	0,00	337	1411	6,0	99			26	5	5	1
	35-45	zand, matig siltig en zwak humeus, omgewerkt	BC	1	9	1,5	272	1,7	0,16	130	8	34	16,8	9	17	1	0,04													
7	0-20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	3	14	1,2	2399	16,1	0,15	75	36	27	1,3	5	10	5	0,11	101	8496	0,01	1580	2216	6,4	98	107	98	95	80	80	67
	20-35	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	2	15	1,4	3384	17,9	0,19	86	37	25	1,0	6	11	6	0,12											70	70	64
	35-45	zand, zwak siltig	C	1	11	1,4	2391	7,1	0,34	92	15	28	3,8	8	12	2	0,06	3	5967	0,00	1245	1483	6,4	100	139	55	38	13	13	13
8	0-20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	4	16	1,2	2790	20,0	0,14	109	41	27	1,0	7	16	7	0,13	6	10192	0,00	1929	3911	6,5	103	86	98	87	66	66	66
	20-30	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	4	15	1,3	3004	20,6	0,15	119	43	28	1,0	8	15	8	0,14											55	54	47
	30-40	zand, zwak siltig	C	0	8	1,4	322	1,0	0,34	56	3	16	16,3	4	7	1	0,09	13	3343	0,00	1413	1310	6,6	99	28	118	12			
9	0-20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	4	13	1,0	1924	12,3	0,18	79	27	28	1,7	6	13	7	0,19	10	8567	0,00	1190	3618	6,2	99	26	71	119	58	57	49
	20-30	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	4	14	1,1	1974	11,7	0,17	80	27	29	1,8	6	13	8	0,20											27	27	22
	30-45	zand, sterk siltig en humeus, omgewerkt	AB	5	15	1,1	1585	8,7	0,18	90	27	31	2,1	7	13	12	0,31	14	10039	0,00	2110	3395	5,9	99	11	388	124	27	27	20
10	0-20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	3	15	1,3	3217	18,1	0,18	86	40	23	0,8	12	12	8	0,15	21	11680	0,00	2345	2066	6,4	99	100	100	95	66	66	66
	20-35	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	5	16	1,3	2155	15,0	0,16	85	35	32	1,0	9	10	7	0,15											56	55	46
	35-45	zand, matig siltig, zwak humeus, humusinsp.	B	2	15	1,4	280	2,0	0,14	79	20	17	6,9	9	10	4	0,12	8	9980	0,00	1309	2386	6,3	100		63	19			
11	0-20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	3	9	1,2	3369	22,3	0,15	88	30	20	0,6	7	9	6	0,13	19	10039	0,00	2078	1573	6,1	99	28	264	61	66	66	66
	20-35	zand, sterk siltig en humeus, bv	Ap	3	12	1,3	4331	20,3	0,21	97	29	21	0,8	8	8	5	0,14											41	41	37
	35-45	zand, zwak siltig	C	0	9	1,6	419	2,0	0,21	112	5	29	14,5	10	15	0	0,01	19	3048	0,01	968	823	6,0	99			0	0	0	0
12	0-15	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	3	14	1,3	3119	15,0	0,21	78	29	18	0,8	8	9	6	0,16	8	10732	0,00	3541	2024	6,2	100	83	152	63	56	56	52
	15-25	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	3	14	1,4	2923	16,5	0,18	86	34	19	0,7	7	9	7	0,16											42	42	37
	25-35	zand, matig siltig, zwak humeus, humusinsp.	BC	1	12	1,5	967	2,9	0,33	93	9	25	8,2	9	12	1	0,06	9	5702	0,00	1464	1243	6,2	99	41	73	32			
	35-45	zand, matig siltig, zwak humeus, humusinsp.	BC	1	13	1,5	445	1,8	0,25	98	8	27	14,7	8	14	1	0,04													
13	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	Ap	3	6	1,1	2531	5,9	0,43	55	0	15	1,8	3	4	4	1,12	1379	356	3,88	207	93	3,8	19	10	79	61	18	18	18
	20-30	zand, matig siltig en humeus, bv	Ap	4	7	1,1	1846	4,7	0,39	45	0	15	2,1	2	3	5	1,67											5	5	5
	30-40	zand, matig siltig, zwak humeus, omgewerkt	A	1	7	1,2	1511	3,6	0,42	41	0	14	2,6	2	3	4	1,22	1504	383	3,92	241	69	3,8	18	8	69	40	2	3	2
14	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	Ap	3	3	1,3	3341	19,9	0,17	70	17	22	0,9	4	8	5	0,20	17	5812	0,00	1294	2535	5,3	98	76		117	66	66	66
	20-35	zand, matig siltig en humeus, bv	Ap	2	6	1,2	3780	20,1	0,19	72	16	18	0,7	4	7	4	0,17											80	80	74
	35-45	zand, zwak siltig en humeus, humusinsp.	B	1	6	1,3	1421	7,2	0,20	106	11	16	4	3	6	1	0,06	21	4479	0,00	1064	1450	5,5	99	24	87	9	11	11	10
15	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	Ap	3	10	1,2	2491	18,3	0,14	66	29	32	1,4	5	9	7	0,18	5	7632	0,00	1379	2477	6,0	99	46	98	77	66	66	77
	20-30	zand, matig siltig en humeus, bv	Ap	3	10	1,2	2190	15,3	0,14	56	25	26	1,3	3	12	5	0,15											36	36	30
	30-40	zand, zwak siltig	C	0	6	1,3	1354	5,8	0,23	36	6	15	2,4	2	4	1	0,13	6	2531	0,00	676	721	6,1	99	40		28	9	9	7
16	0-15	zand, sterk siltig, zwak humeus, afgegraven	AB	5	28	1,1	202	3,4	0,06	89	17	35	4,7	3	9	19	0,69	218	1358	0,16	789	530	4,9	86			0			
	15-30	zand, sterk siltig, zwak humeus, afgegraven	AB	7	30	1,2	194	3,2	0,06	88	15	27	3,6	4	9	15	0,65													
	30-45	zand, sterk siltig, zwak humeus, afgegraven	AB	3	24	1,3	191	2,7	0,07	96	8	26	6,0	5	10	10	0,54	117	3274	0,04	441	1102	4,9	95			1			
	45-55	leem, uiterst zandig, humusinspoeling	B	4	28	1,2	95	1,1	0,09	105	7	23	12,2	7	12	10	0,53	109	5992	0,02	1330	2827	4,6	97			12			
17	0-15	zand, sterk siltig en humeus, bv	Ap	22	50	0,6	165	4,1	0,04	171	51	66	9,4	6	14	25	0,37	74	17399	0,00	1172	2887	4,6	98			133			
	15-25	zand, matig siltig, zwak humeus, humusinsp.	BC	2	20	1,4	46	1,1	0,04	79	8	25	18,8	5	10	4	0,22	67	5853	0,01	263	904	4,6	97			11			
	25-35	zand, matig siltig, zwak humeus, humusinsp.	BC	2	21	1,4	28	0,8	0,04	69	7	24	25,8	5	10	3	0,20													
	35-45	zand, matig siltig, zwak humeus, humusinsp.	BC	2	22	1,4	45	0,9	0,05	103	13	31	27,4	7	14	8	0,30													

De toplaag van de bouwvoor (0-15/20 cm-mv) is matig tot sterk verrijkt met plantbeschikbaar fosfaat (1924-5209 µmol Olsen-P/l bodem). De totale voorraad fosfor in de toplaag van de bouwvoor varieert sterk (10,9-33,0 mmol totaal-P/l bodem; Tabel 2 en Figuur 7). De concentraties labiel-P (P-z) zijn op locatie 7, 10, 11, 12 en 14 zeer hoog (>50 µmol/l; Tabel 2) en indiceren dat deze percelen nog recentelijk bemest zijn of begraasd worden. De onderkant van de bouwvoor is op de meeste locaties ook rijk aan P (Figuur 7). Direct onder de bouwvoor zijn de Olsen-P en totaal-

P concentraties veel lager en vaak laag genoeg voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen (Tabel 2).

Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur is het niet alleen van belang dat de fosfaatconcentraties laag genoeg zijn, maar ook de concentratie stikstof mag niet te hoog zijn. De concentraties nitraat en ammonium zijn bepaald in de zoutextracten (Tabel 2). De nitraat- en ammoniumconcentraties zijn relatief laag (< 200 µmol/l bodem), uitgezonderd een aantal bodemlagen op locatie 9, 10 en 11. Hoge stikstofconcentraties zijn vaak een minder groot probleem voor de beoogde natuurontwikkeling dan fosfaat. Nitraat is, in tegenstelling tot fosfaat, relatief mobiel en kan als gevolg van uitspoeling en nitrificatie- en denitrificatieprocessen op een natuurlijke manier uit het systeem verdwijnen (zie ook Figuur 3). De uitspoeling van nitraat naar het grondwater kan wel een negatief effect hebben op de grondwaterkwaliteit. Het kan leiden tot pyrietoxidatie en daarmee tot sulfaatverrijking van het grondwater. Daarnaast bevat nitraatrijk grondwater vaak weinig opgelost ijzer.



Figuur 7. Boxplots van de Olsen-P, totaal-P, totaal-Ca en totaal-Fe van de geanalyseerde bodems. In de boxplot is onderscheid gemaakt tussen de verschillende bemonsteringsdiepten: toplaag van de bouwvoor (0-15/20 cm; n=15), restant bouwvoor (n=15) en 0-10 cm onder de bouwvoor (n=15). De box geeft het bereik tussen het 25e en 75e percentiel weer. De whiskers (verticale lijnen) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De stippen geven de uitschieters weer.

De ijzerconcentratie in de bodem varieert sterk (12-200 mmol Fe-t/l) met een gemiddelde concentratie totaal-Fe van 37 mmol/l bodem (Figuur 7 en Tabel 2). Hoge ijzerconcentraties duiden op (voormalige) invloed van ijzerrijke kwel of afzettingen van ijzerrijk slib. IJzer(hydr)oxides binden goed fosfor, waardoor dit in ijzerrijke bodems eenvoudig kan accumuleren. De bodem in

het onderzoeksgebied is zwak tot matig calciumhoudend met een gemiddelde concentratie totaal-Ca van 20 mmol/l bodem en uitwisselbaar-Ca (Ca-z) van ± 6.500 µmol/l bodem (Figuur 7 en Tabel 2).

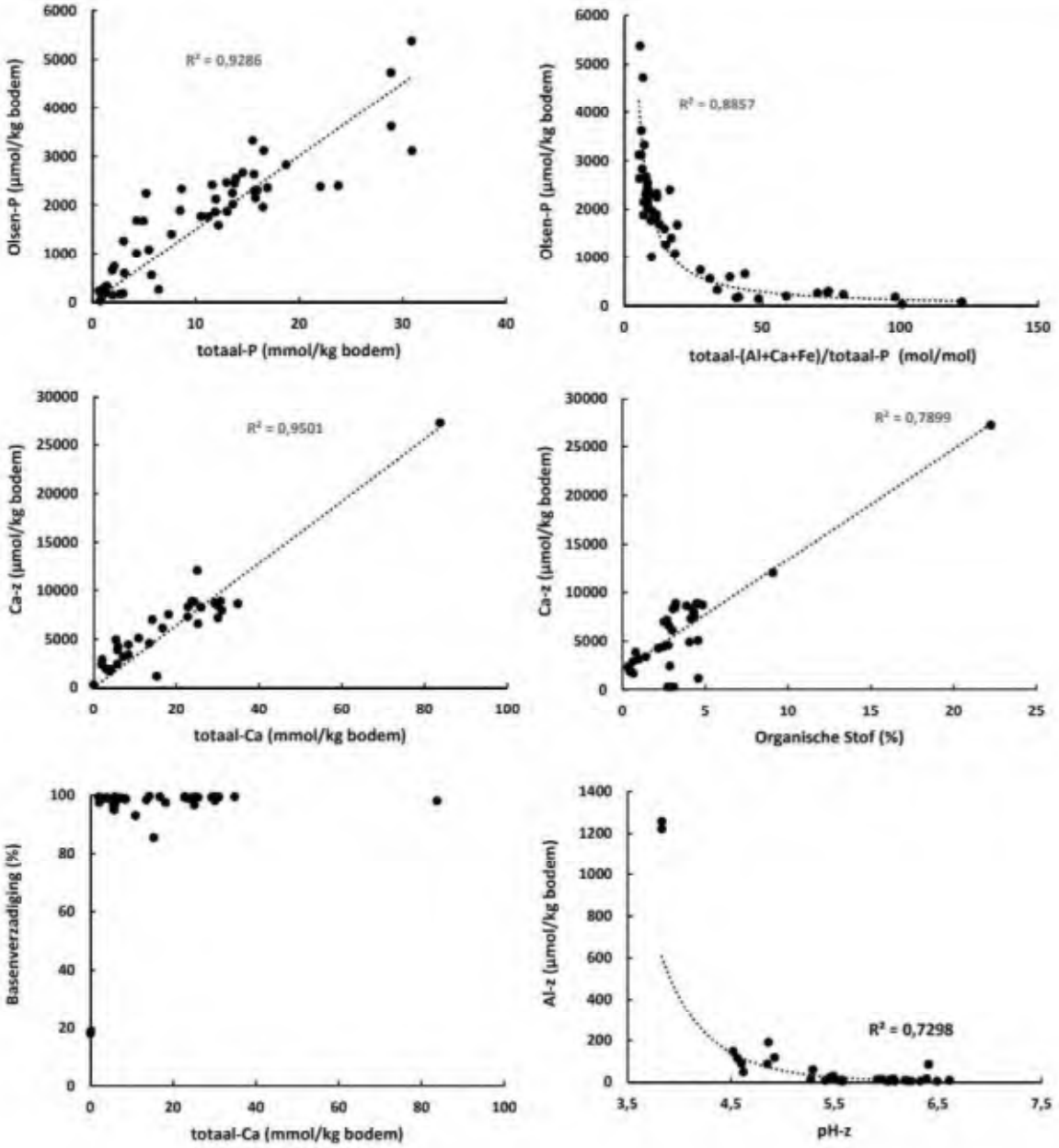
Bodemcorrelaties

In Figuur 8 (linksboven) zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van de geanalyseerde bodems tegen elkaar uitgezet. Er is een positieve correlatie aanwezig tussen de totale voorraad aan fosfor en beschikbaar P voor planten (Olsen-P). In bodems kan fosfor zeer effectief geïmmobiliseerd worden door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $Fe_3(PO_4)_2$ (onder anaerobe condities) en $FePO_4$ onder aerobe condities. Naast ijzer zorgt ook calcium voor fosfaatbinding in de bodem. Dit calcium gebonden-P is meestal slecht oplosbaar en komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook klei/leem deeltjes (de totaal-aluminium concentratie is indicatief voor het lutumpercentage) zijn een sterke P-binder. De calcium-, ijzer- en aluminiumconcentraties kunnen de beschikbaarheid van fosfaat dus beïnvloeden. In Figuur 8 (rechtsboven) is deze correlatie weergegeven. Op plaatsen waar de bodem rijk is aan ijzer, calcium en/of aluminium ten opzichte van totaal-P, blijft de P-beschikbaarheid voor planten doorgaans laag. In bodems met een hoge P-beschikbaarheid neemt ook de labiele P-concentratie (P-z) sterk toe (Figuur 8).

Behalve de nutriëntenbeschikbaarheid is de zuurgraad van de bodem in belangrijke mate sturend voor de vegetatieontwikkeling. De buffercapaciteit geeft de mate aan waarin een bodem in staat is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties. Bij bodem-pH waarden hoger dan pH 6,2 hebben we te maken met (bi)carbonaatbuffering (oplossen van kalk). Wanneer in de bodems geen carbonaat meer aanwezig is, komt de bodem in het kation-uitwisselings-buffertraject terecht. Dit buffertraject bevindt zich globaal tussen een pH van 4,5 en 6,5 en is in veel bodems het belangrijkste buffermechanisme. De pH gemeten in de zoutextracten ligt tussen 4,8 en 6,6 (Tabel 2), waarbij de pH zout vaak 0,5-1 pH eenheid lager is dan de pH water. De siltige zandbodems worden daarmee deels gebufferd via carbonaat en deels via de uitwisseling van basische kationen.

Een zoutextract geeft een beeld van de hoeveelheid uitwisselbare kationen, waarbij kleideeltjes (lutum) en organisch materiaal een belangrijk deel van het bodemadsorptiecomplex in de bodem vormen. Indien het bodemadsorptiecomplex volledig is opgeladen met basische kationen (Ca^{2+}, Mg^{2+} en K^+) is de basenverzadiging 100%. In het gebied is de indicatieve basenverzadiging gemiddeld 94% (Tabel 2), dus het bodemadsorptiecomplex is vrijwel geheel opgeladen met basische kationen. Een uitzondering hierop is de zandbodem op locatie 13 met een basenverzadiging van minder dan 20% (Tabel 2). Het belang van organisch stof voor de grootte van het bodemadsorptiecomplex blijkt ook uit de correlatie tussen organisch stof en Ca-z (Figuur 8).

In niet tot zwak gebufferde bodems kan de bodem in de aluminiumbufferrange (pH < 4,5) komen. Alle basische kationen zijn dan vervangen door zuurionen (H^+), de concentratie zuurionen in het bodemvocht neemt dan toe en de pH zal dalen. Bij een pH lager dan ca. 4,5 gaan aluminiumhydroxiden in oplossing, waarbij toxisch Al^{3+} vrijkomt. Op locatie 13 is bodem niet gebufferd met een pH-z van 3,8 en zijn zeer hoge aluminiumconcentraties in het zoutextract gemeten (>> 1000 µmol/l; Figuur 8 rechtsonder).



Figuur 8. Correlaties tussen enkele relevante bodemchemische variabelen in de geanalyseerde bodems. De bodems van de referentielocaties zijn met een groene stip weergegeven. De concentraties zijn uitgezet per kg droge bodem.

4.3 Abiotische randvoorwaarden natuurbeheertypen

Doel van het huidige onderzoek is om de kansen voor de ontwikkeling van een aantal agrarische percelen te bepalen. De potenties worden ingeschat op basis van referentiedata uit de referentie database van B-WARE (GRIP: Gemeten Referentiewaarden In Plantgemeenschappen).

De ambitietypen voor de drie deelgebieden zijn vochtige alluviale bossen of beekbegeleidende bossen (H91E0_C/N14.02) en vochtige heide (H4010_A/N06.04).

Beekgeleidende bossen (elzenbroekbossen) komen voor op locaties die onder invloed staan van regionaal (dus kalkrijk, gebufferd) grondwater en soms ook overstroomd worden door beekwater. De bodem is over het algemeen goed gebufferd (Ca-t: > 30 mmol/l en Ca-z: > 14.000 µmol/l), matig voedselrijk (Olsen-P: 300-800 µmol en P-t: 5-20 mmol/l) en rijk aan ijzer. De standplaatscondities van beekbegeleidende bossen komen overeen met die van beheerde vochtige hooilanden (Tabel 3).

Vochtige heiden worden gedomineerd door gewone dopheide (*Erica tetralix*) en worden gekenmerkt door voedselarme (Olsen-P: 100-500 µmol en P-t: 0,5-2,0 mmol/l), (vrij) zure omstandigheden (Ca-t: < 10-20 mmol/l en Ca-z: < 2.000 µmol/l) met relatief grote fluctuaties in grondwaterstanden (op of boven maaiveld in de winter, in de zomer uitdrogend; Tabel 3).

Tabel 3. Overzicht van de bodemchemische randvoorwaarden (van Mullekom & Smolders (2012)) en hydrologische randvoorwaarden (Ertsen e.a. (2005); Onderzoekcentrum B-WARE, niet gepubliceerde data; De Becker (2004)) voor een aantal natuurtypen die in het beekdal van de Strijper Aa tot ontwikkeling kunnen komen.

Natuurtype	Natuurbeheertype	Olsen-P µmol/l	P-t mmol/l	Ca-t mmol/l	Fe-pw µmol/l	Bekalking (kg/ha)	GLG (cm)	GHG (cm)	GVG (cm)
Vochtige heide	N06-04	100-500	0,5-2,5	< 10	2-190	2000	20- tot 50 -mv	10+ tot 20 -mv	-
Nat heischraalgrasland	N10-01	150-400	1-3	10-20	20-50	1000 (Ca-t ≤15)	40- tot 120 -mv	0 tot 40 -mv	-
Blauwgrasland	N10-01	200-500	2-10 (tot 20)	> 20	0-350	0	40- tot 80 -mv	0 tot 25 -mv	-
Vochtig hooiland	N10-02	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)	> 30	500-1600	0	40- tot 80 -mv	20+ tot 20 -mv	20+ tot 20 -mv
Klein zeggenmoeras	N10-01	100-500	1-6	20-60	10-3300	0	40- tot 80 -mv	20+ tot 20 -mv	-

In Tabel 3 staan ook de bodemchemische en hydrologische randvoorwaarden van een aantal andere natuurtypen gegeven. Zonder beheer zullen de vermelde natuurbeheertypen niet tot ontwikkeling komen maar zal bosvorming in de vorm van een berkenbroekbos (heide, heischraal grasland, zwak gebufferd blauwgrasland) of elzenbroekbos (gebufferd blauwgrasland en dotterbloemhooiland) plaatsvinden. Onder P-gelimiteerde omstandigheden kan een soortenrijke ondergroei tot ontwikkeling komen. Onder P-rijke condities zal verruiging optreden.

4.4 Toekomstige hydrologische situatie

Voor het gebied zijn de geplande hydrologische maatregelen door Waterschap de Dommel doorgerekend met een grondwatermodel. Hierbij zijn zowel de huidige als toekomstige (volgens scenario 1) grondwaterstanden berekend. In Tabel 4 worden zowel de op basis van het boorprofiel afgeleide GLG en GHG weergegeven, als de berekende huidige en toekomstige grondwaterstanden. Het verschil tussen de berekende huidige grondwaterstanden en de uit het boorprofiel afgeleide grondwaterstanden (door ervaren boormeester 5.1.2e van ATKB) is op een aantal locaties groot (> 30 cm). Aangezien het natuurpotentie-advies mede gebaseerd is op de toekomstige grondwaterstanden, is het belangrijk om te realiseren dat er enige mate van onbetrouwbaarheid zit in de gemodelleerde toekomstige grondwaterstanden. Vanuit dat oogpunt is het belangrijk om vooral te kijken naar de op basis van de geplande hydrologische maatregelen berekende (scenario 1) stijging van de GLG en/of GHG.

De GLG zal volgens de berekeningen vrijwel gelijk blijven tot een maximale stijging met 23 cm, waarbij de verwachte stijging van de grondwaterstand het grootste is in deelgebied 2B (Tabel 4). Ook de GHG zal het sterkste stijgen in deelgebied 2B (23-36 cm). In de andere deelgebieden wordt een stijging van de GHG verwacht van max. 5-10 cm.

In paragraaf 4.5 t/m 4.7 worden per deelgebieden de potenties voor natuurontwikkeling beschreven en welke verschralingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. In de adviezen wordt rekening gehouden met de toekomstige grondwaterstanden en de eventuele maaiveldverlaging na afgraven van de fosfaatrijke toplaag.

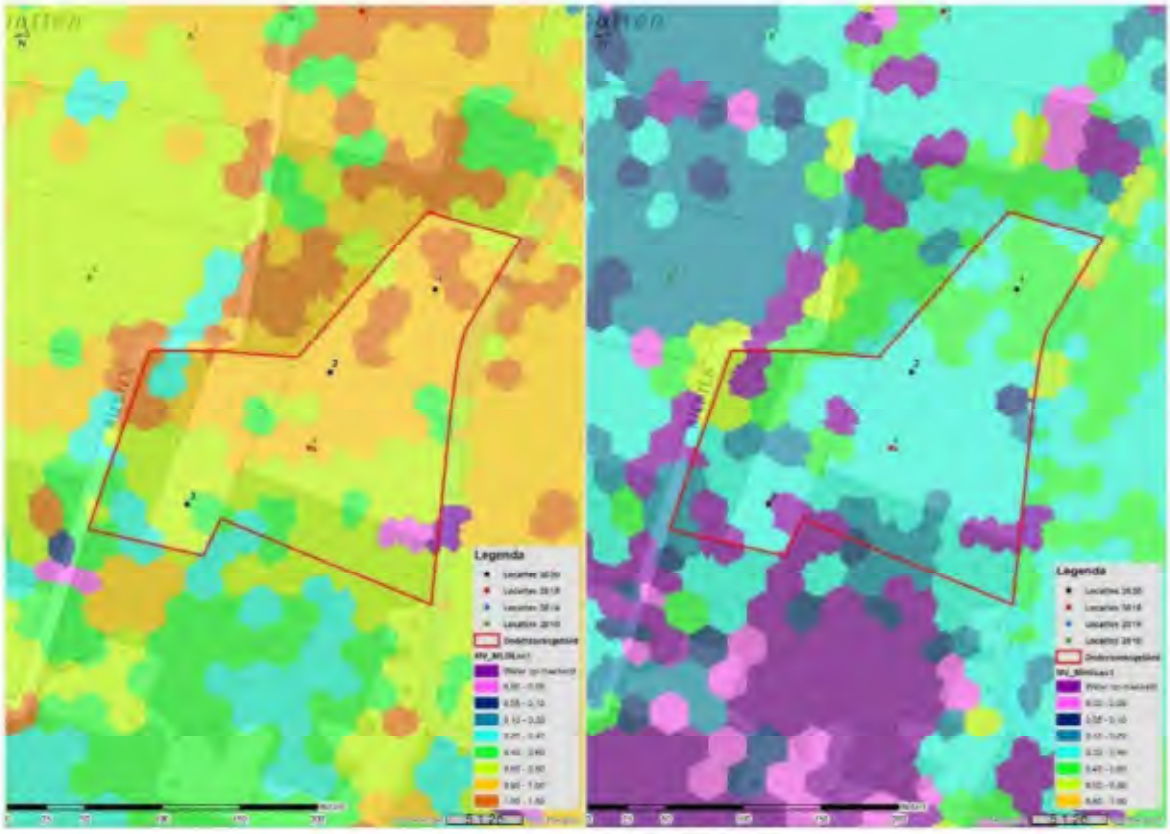
Tabel 4. Overzicht van de op het basis van het boorprofiel afgeleide grondwaterstand (veld), de huidige en toekomstige (scenario 1) gemodelleerde grondwaterstanden per locatie, en de berekende stijging van het grondwaterstanden. GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand; GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand. Grondwaterstanden zijn weergegeven in cm-mv. Wanneer het verschil tussen de in het veld uit het boorprofiel afgeleide GLG of GHG meer dan 30 cm afwijkt, dan zijn de gemodelleerde grondwaterstanden in rood weergegeven. Hydrologisch model: Waterschap de Dommel.

Locatie	Jaar	Maaiveld	GLG				GHG			
			veld	model huidig	model toekomst	stijging	veld	model huidig	model toekomst	stijging
		m+NAP	cm-mv	cm-mv	cm-mv	cm	cm-mv	cm-mv	cm-mv	cm
Deelgebied 1										
4	2018	25,06	100	82	81	1	40	29	27	2
1	2020	25,15	120	99	99	0	50	44	44	0
2	2020	25,08	100	87	86	1	50	31	30	1
3	2020	24,71	90	45	40	5	50	5	-1	6
Deelgebied 2A										
19	2016	26,08	110	89	77	12	50	20	11	9
4	2020	25,99	130	87	78	9	80	25	15	10
5	2020	26,18	120	102	94	8	70	15	10	5
6	2020	26,19	110	89	81	8	60	14	10	4
7	2020	26,15	110	85	75	10	60	15	7	8
8	2020	26,27	140	87	79	8	60	7	4	3
Deelgebied 2B										
17	2016	26,29	110	106	93	13	60	53	17	36
18	2016	26,07	100	100	87	13	60	51	15	36
9	2020	25,80	120	76	54	22	50	32	2	30
10	2020	25,95	100	80	61	19	50	35	1	34
11	2020	26,28	110	101	87	14	60	47	16	31
12	2020	25,89	110	65	42	23	40	23	0	23
Deelgebied 3A										
36	2010	27,75	.	122	114	8	.	52	49	3
14	2016	26,99	100	62	56	6	50	5	2	3
13	2020	27,41	>150	109	105	4	125	47	45	2
Deelgebied 3B										
37	2010	27,94	.	96	92	4	.	30	27	3
1	2016	27,86	80	89	85	4	0	27	23	4
14	2020	28,02	140	145	137	8	80	73	69	4
15	2020	27,74	>150	102	95	7	75	25	20	5
16	2020	27,63	50	55	52	3	0	1	0	1
17	2020	27,35	60	24	21	3	0	-6	-6	0

4.5 Deelgebied 1

Het doel voor deelgebied 1 is om het veenpakket dat in de bodem aanwezig is weer zoveel als mogelijk terug aan het oppervlak te krijgen en daarna op natuurlijke wijze vochtig alluviaal bos tot ontwikkeling te laten komen (Figuur 2; van Oorschot, 2020). In Figuur 9 zijn kaarten opgenomen met de berekende toekomstige GLG en GHG voor deelgebied 1. In het grootste deel van dit deelgebied zal de GLG komen te liggen tussen 60 en 100 cm-mv en de GHG tussen 20 en 40 cm-mv.

In deelgebied 1 werden in één perceel in zowel 2010 (locatie 4) als 2018 (locatie 4) bodemmonsters verzameld en geanalyseerd (Antheunisse, 2010; van Mullekom e.a., 2019). Op basis van dit enkele meetpunt werd geadviseerd om 40 cm af te graven voor de ontwikkeling van vochtig hooiland (lokaal mogelijk blauwgrasland) of in te zetten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland (geen hoge verwachtingen i.v.m. hoge P-concentraties; Visscher e.a., 2019).



Figuur 9. Berekende toekomstige GLG (links) en GHG (rechts) voor deelgebied 1. Hydrologisch model: Waterschap de Dommel.

Op 3 aanvullende locaties (locatie 1 t/m 3; Figuur 10) werd in juli 2020 het bodemprofiel beschreven en bodemmonsters verzameld. Volgens de bodemkaart bestaat de bodem in dit deelgebied uit lage enkeerdgronden van leemarm en zwak lemig fijn zand (Bijlage 2). Op locatie 1 zit het bosveen relatief ondiep (vanaf 30 cm-mv), maar op locatie 2 en 3 zit het veen dieper (60 of 70 cm-mv) en is het geen optie om af te graven tot op het veen. De belangrijkste bodemchemische parameters, gemeten in zowel 2010, 2018 als 2020, worden gegeven in Tabel 5. Op alle locaties in dit deelgebied is een matig tot sterk siltige zandige bouwvoor met een dikte van 30 of 35 cm aangetroffen. De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1912-5209 µmol/l en P-t: 14,7-40,1 mmol/l). Verschralen van de bouwvoor (pakket van 0-25 cm) via maaien en

afvoeren vergt een periode van ca. 120 tot 240 jaar en is daarmee niet kansrijk. Op locatie 4 (2018) en locatie 2 (2020) is na afgraven van de bouwvoor (35 cm) de bodem voldoende P-arm (Olsen-P: 658-906 µmol/l en P-t: 6,8-8,2 mmol/l) voor de ontwikkeling van zwak gebufferd vochtig alluviaal bos (Ca-t: 20-27 mmol/l, Ca-z: ± 7.000 µmol/l en Fe-t: 73-101 mmol/l). Het is daarbij wel van belang dat er aanvoer is van voldoende gebufferd en ijzerrijk grondwater. Uit de hydrologische modelberekeningen blijkt dat de toekomstige grondwaterstanden in deelgebied 1 vrijwel niet gaan stijgen (Tabel 4). Op basis van de berekende toekomstige grondwaterstanden op locatie 2 (2020) en 4 (2018) zijn na afgraven van de P-rijke toplaag (35 cm) de grondwaterstanden voldoende hoog (GLG: 46-51 cm-mv en GHG: -5 tot -8 cm-mv) voor de ontwikkeling van vochtig alluviaal bos.

Figuur 10. Impressie van deelgebied 1 ter hoogte van locatie 2 (links) en locatie 3 (rechts). Foto's: 5.1.2e 5.1.2e.

Tabel 5. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) en de natuurpotenties van onderzochte locaties in deelgebied 1. Zowel in 2010, 2018 als 2020 werden bodemmonsters geanalyseerd. GLG_profiel = GLG afgeleid uit het bodemprofiel, GLG_model = toekomstige berekende GLG, GHG_profiel = GHG afgeleid uit het bodemprofiel en GHG_model = toekomstige berekende GHG gemiddeld; Diepte = diepte in cm-mv; HZT = horizont; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie; Fe/P = ijzer/fosfor-ratio; -z = zoutuitwisselbare (labiele) concentraties; M3/M5/M8 = berekende verschralingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren (tot een streefconcentratie van 300/500/800 µmol Olsen-P /l) (totaal-P > 3 mmol/l). De Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. Natuurtype: EBB = elzenbroekbos (vochtig alluviaal bos), VHL = vochtig hooiland; Maatregel: aantal cm P-rijke grond dat afgegraven moet worden, + = < 10 jaar aanvullend maaien en afvoeren. Zie het bijschrift van Tabel 2 voor de toegepaste kleurarceringen.

2010	2016	2018	2020	GLG		GHG		Diepte	Grondsoort	HZT	OS	Ols-P	P-t	Ca-t	Fe-t	Fe/P	Ca-z	P-z	NO_3-z	M3	M5	M8	Natuurtype	Maatregel
				profiel	model	profiel	model																	
4					81		27	0-20				3557	40,1	64	103	3								
								20-30				3446	37,7	50	101	3								
								30-40				1688	21,4	38	91	4				55	47	35		
								40-60				468	18,3	36	110	6				21			EBB/VHL	40
		4		100	81	40	27	0-20	zand, bv	Ap	5	4292	34,3	44	70	2								
								20-35	zand, bv	Ap	4	3279	28,2	38	62	2								
								35-50	zand	AB	4	902	8,2	27	73	9				24	17	4	EBB/VHL	35+
								50-65	zand	AB	6	731	6,8	31	85	12				18	10			
								65-75	bosveen	O	77	125	7,6	112	99	13								
			1	120	99	50	44	0-20	zand, bv	Ap	5	5209	29,9	11	54	3	4916	24	110				-	-
								20-30	zand, bv	Ap	4	4689	28,7	9	102	4				80	80	74		
								30-40	veen	C	9	1798	17,8	19	200	11	9005	7	112	46	40	31		
			2	100	86	50	30	0-20	zand, bv	Ap	4	2587	24,0	27	79	3	9594	15	94					
								20-35	zand, bv	Ap	4	1912	14,7	25	91	6				55	51	40		
								35-45	zand	C	3	658	6,8	20	101	15	7209			12	5		EBB/VHL	35
			3	90	40	50	-1	0-20	zand, bv	Ap	5	4128	33,0	33	74	2	9928	23	70				-	-
								20-30	zand, bv	Ap	5	3813	37,9	40	84	2								
								30-40	zand	AB	4	2295	19,3	27	70	4	8526	6	261	51	47	39		

Op locatie 1 en 3 (2020) is de (veen)bodem onder de bouwvoor echter nog te rijk aan P (Olsen-P: 1798-2295 µmol/l en P-t: 17,8-19,3 mmol/l), waardoor deze percelen niet kansrijk zijn. De bodemchemische samenstelling van de diepere bodemlagen is niet bekend, dus er kan niet bepaald worden of na afgraven van 40 cm wel een geschikte uitgangssituatie gerealiseerd kan worden.

Uitgangspunt bij de herinrichting van het gebied is om maximaal 30 cm van de P-rijke toplaag te verwijderen. Na afgraven van 30 cm zal, op basis van de bodemanalyses op 4 locaties, de bodem in deelgebied 1 overal nog te fosfaatrijk zijn voor de gewenste natuurontwikkeling. Waarschijnlijk kan er wel vochtig alluviaal bos tot ontwikkeling komen (grondwaterstanden na maaiveldverlaging zijn gunstig, bodem is sterk ijzerhoudend, maar wel zwak gebufferd), maar met een ruige soortenarme ondergroei. Wanneer er water op maaiveld komt te staan (volgens hydrologisch model ligt de toekomstige GHG op locatie 3 (2020) zonder afgraven al rond maaiveld), dan bestaat het risico dat uit de nog voedselrijke bodem fosfaat wordt gemobiliseerd. Het gemobiliseerde fosfaat kan oppervlakkig afspoelen naar lagergelegen delen in het gebied (Oude Strijper Aa) en daar zorgen voor eutrofiering. Een belangrijke maat voor het risico op fosfaatuitspoeling is de verhouding tussen ijzer en fosfor (Fe/P-ratio) in de bodem. Wanneer er veel meer ijzer dan fosfor in de bodem aanwezig is (Fe/P-ratio >>5), dan zijn de risico's gering. In de bouwvoor is de Fe/P-ratio op alle locaties ongunstig (≤ 3; Tabel 5) en na 30/35 cm afgraven is de Fe/P-ratio alleen op locatie 3 (2020) ongunstig.

Advies deelgebied 1:

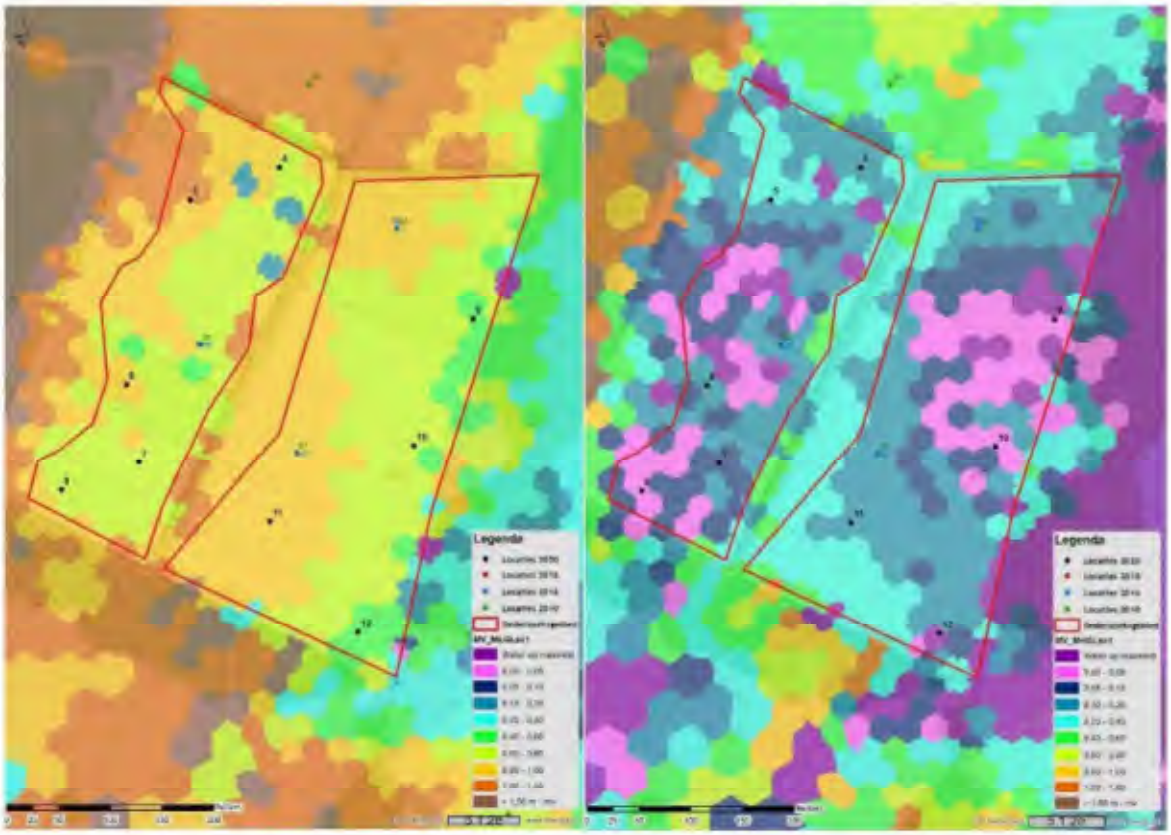
Van de centraal in het deelgebied gelegen percelen (locatie 2 (2020) en locatie 4 (2018)) de bouwvoor volledig verwijderen (35 cm) voor de ontwikkeling van zwak gebufferd vochtig alluviaal bos (of bij beheer vochtig hooiland). Wanneer 5 cm bouwvoor blijft zitten (30 cm afgraven), zal ook op deze locaties een sterke verruiging kunnen optreden. De bodem van de andere percelen (locatie 1 en 3 (2020)) blijft na afgraven van maximaal 30 cm nog te fosfaatrijk en deze percelen zijn daarmee niet kansrijk.

4.6 Deelgebied 2

Het ambitietype voor deelgebied 2 is zowel vochtige heide als vochtige alluviale bossen (Figuur 2) en daarom is het gebied opgedeeld in deelgebied 2A (vochtige heide) en deelgebied 2B (vochtige alluviale bossen). In Figuur 11 zijn kaarten opgenomen met de berekende toekomstige GLG en GHG in deelgebied 2. In het grootste deel van dit deelgebied zal de GLG komen te liggen tussen 60 en 100 cm-mv en de GHG tussen 0 en 20 cm-mv.

Deelgebied 2A (ambitie: vochtige heide)

In deelgebied 2A werd in één perceel in zowel 2010 (locatie 26) als 2016 (locatie 19) bodemmonsters verzameld en geanalyseerd (Antheunisse, 2010; van Mullekom e.a., 2019). De analyseresultaten op ongeveer dezelfde locatie blijken sterk te verschillen. Dit blijkt voor meer locaties in het gebied het geval te zijn (Visscher e.a., 2019). Mogelijk is in 2010 bemonsterd in een sterk verstoord deel van het perceel (bijv. een gedempte sloot). Het is bekend dat op percelen waar in het verleden veel 'gerommeld' is de lokale variatie groot kan zijn. Er kan namelijk nooit op exact dezelfde locatie worden bemonsterd (beperkte afwijking van de GPS). Indien grote verschillen worden aangetroffen tussen de data van 2010 en 2016 worden de meest recente data uit 2016 aangehouden. Op basis van het onderzoek in 2016 werd geadviseerd om 30 cm af te graven voor de ontwikkeling van heischraal grasland (van Mullekom e.a., 2019).



Figuur 11. Berekende toekomstige GLG (links) en GHG (rechts) voor deelgebied 2. Hydrologisch model: Waterschap de Dommel.

Figuur 12. Impressie van deelgebied 2A ter hoogte van locatie 4 (links) en locatie 8 (rechts). Foto's: 5.1.2e .

Op 5 aanvullende locaties (locatie 4 t/m 8; Figuur 12) werd in juli 2020 het bodemprofiel beschreven en bodemmonsters verzameld. Volgens de bodemkaart bestaat de bodem in deelgebied 2A uit gooreerdgronden van leemarm en zwak lemig fijn zand (Bijlage 2). De belangrijkste bodemchemische parameters, gemeten in zowel 2010, 2016 als 2020, worden gegeven in Tabel 6. Op alle locaties in dit deelgebied is een matig tot sterk siltige zandige bouwvoor met een dikte variërend van 25 tot 35 cm aangetroffen. De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2399-3478 µmol/l en P-t: 10,9-23,3 mmol/l). Verschralen van de bouwvoor (pakket van 0-25 cm) via

maaien en afvoeren vergt een periode van ca. 90 tot 135 jaar en is daarmee niet kansrijk. Uitgezonderd locatie 7 (2020) is op alle locaties na afgraven van de bouwvoor (25-35 cm), evt. in combinatie met beperkt aanvullend verschralen, de bodem voldoende P-arm (Olsen-P: 322-1102 µmol/l en P-t: 1,0-4,6 mmol/l) voor de ontwikkeling van heide of heischraal grasland (Ca-t: 3-19 mmol/l, Ca-z: ± 2.500-5.000 µmol/l). Op locatie 7 (2020) is de zandbodem onder de bouwvoor echter nog te rijk aan P (Olsen-P: 2391 µmol/l, P-t: 7,1 mmol/l en P-z: 139 µmol/l) en is langdurig aanvullend verschralingsbeheer (min. 13 jaar, P-rijkdom diepere bodem niet bekend) nodig voor de ontwikkeling van heide.

Tabel 6. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) en de natuurpotenties van onderzochte locaties in deelgebied 2A. Zowel in 2010, 2016 als 2020 werden bodemmonsters geanalyseerd. GLG_profiel = GLG afgeleid uit het bodemprofiel, GLG_model = toekomstige berekende GLG, GHG_profiel = GHG afgeleid uit het bodemprofiel en GHG_model = toekomstige berekende GHG gemiddeld; Diepte = diepte in cm-mv; HZT = horizont; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie; Fe/P = ijzer/fosfor-ratio; -z = zoutuitwisselbare (labiele) concentraties; M3/M5/M8 = berekende verschralingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren (tot een streefconcentratie van 300/500/800 µmol Olsen-P /l) (totaal-P > 3 mmol/l). De Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. Natuurtype: HEI = heide, HGL = heischraal grasland; Maatregel: aantal cm P-rijke grond dat afgegraven moet worden, + = < 10 jaar aanvullend maaien en afvoeren en ++ = 10-25 jaar aanvullend maaien en afvoeren. Zie het bijschrift van Tabel 2 voor de toegepaste kleurarceringen.

2010	2016	2018	2020	GLG		GHG		Diepte	Grondsoort	HZT	OS	Ols-P	P-t	Ca-t	Fe-t	Fe/P	Ca-z	P-z	NO_3-z	M3	M5	M8	Natuurtype	Maatregel
				profiel	model	profiel	model																	
26					77		11	0-20				5907	18,2	26	52	3							-	-
								20-30				5957	22,1	26	51	2				60	60	60		
								30-40				3351	8,5	17	40	5				17	17	17		
								40-60				3520	8,9	15	35	4				37	37	37		
	19			110	77	50	11	0-20	zand, bv	Ap	3	3304	22,1	37	39	2								
								20-30	zand, bv	Ap	3	3478	23,3	43	39	2				64	62	56		
								30-40	zand	AxB	2	835	3,2	19	32	10				1	1		HGL	30+
								40-50	zand	AxB	1	680	2,0	13	27	13								
								50-60	zand	C	0	428	1,3	11	30	23								
			4	130	78	80	15	0-20	zand, bv	Ap	2	2411	10,9	11	21	2	5628	15	98	49	49	45		
								20-35	zand, bv	Ap	2	2959	11,0	9	22	2				37	37	37		
								35-45	zand	BC	1	1102	3,2	3	15	5	4337	14	83	1	1	1	HEI	35+
			5	120	94	70	10	0-20	zand, bv	Ap	4	2536	17,6	34	22	1	8758		72			75		
								20-30	zand, bv	Ap	4	2741	16,6	35	22	1				42	42	37		
								30-40	zand	BC	1	460	2,0	5	12	6	2379	2	145				HEI	30
			6	110	81	60	10	0-15	zand, bv	Ap	4	2655	14,5	19	19	1	7816		181	54	54	47		
								15-25	zand, bv	Ap	3	3200	17,5	24	21	1				45	45	41		
								25-35	zand	BC	1	868	4,6	11	32	7	4655			5	5	1	HEI/HGL	25+
								35-45	zand	BC	1	272	1,7	8	34	19							HEI	35
			7	110	75	60	7	0-20	zand, bv	Ap	3	2399	16,1	36	27	2	8496	107			60	67		
								20-35	zand, bv	Ap	2	3384	17,9	37	25	1				70	70	64		
								35-45	zand	C	1	2391	7,1	15	28	4	5967	139	55	13	13	13	HGL/HEI	35++
			8	140	79	60	4	0-20	zand, bv	Ap	4	2790	20,0	41	27	1	10192							
								20-30	zand, bv	Ap	4	3004	20,6	43	28	1				55	54	47		
								30-40	zand	C	0	322	1,0	3	16	17	3343	26	118				HEI	30

In deelgebied 2A wijken de gemodelleerde huidige grondwaterstanden sterk af van de uit het bodemprofiel afgeleide grondwaterstanden. Voor de onderzoekslocaties ligt de berekende huidige GLG 18-53 cm hoger en de berekende huidige GHG 30-55 cm hoger, dus volgens het hydrologisch model is het gebied veel natter. De grondwaterstand tijdens het veldwerk (29 of 30 juli 2020) lag 15-43 cm lager dan de berekende huidige GLG, dus de modeluitkomsten moeten voor dit deelgebied met enige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. Uit de modelberekeningen blijkt verder dat op de onderzoekslocaties in deelgebied 2A de toekomstige GLG met 8-12 cm gaat stijgen en de GHG met 3-10 cm (Tabel 4). De berekende toekomstige grondwaterstanden worden na afgraven van de P-rijke toplaag (25-35 cm) vrij hoog (GLG: 43-64 cm-mv en GHG: -15 tot -28 cm-

mv). Uitgaande van de mogelijkheid om in de winter een deel van het water af te voeren, zijn de grondwaterstanden geschikt voor de ontwikkeling van vochtige heide of heischraal grasland. Op locatie 5 (2020) is de toekomstige GLG ook na afgraven mogelijk te laag voor vochtige heide (GLG: 64 cm-mv).

Wanneer maximaal 30 cm afgegraven mag worden, blijft op locatie 4 (2020) en 7 (2020) nog een deel van de P-rijke bouwvoor achter met het risico op verruiging. Wanneer er water op maaiveld komt te staan, dan bestaat het risico (Fe/P-ratio ≤ 5; Tabel 6) dat uit de nog voedselrijke bodem op deze locaties fosfaat wordt gemobiliseerd. Op locatie 7 (2020) is de concentratie labiel P in de bodem ook erg hoog (P-z: 139 µmol/l). Het gemobiliseerde fosfaat kan oppervlakkig afspoelen naar lagergelegen delen in het gebied en daar zorgen voor eutrofiering.

Advies deelgebied 2A:

In deelgebied 2A kan door het afgraven van de bouwvoor (25-35 cm) een geschikte uitgangssituatie voor de ontwikkeling van (vochtige) heide of heischraal grasland (op de meer gebufferde locaties) gerealiseerd worden. Op locatie 19 (2016), 4 (2020) en 6 (2020) zijn de Olsen-P concentraties nog iets te hoog, zodat een beperkt aanvullend verschralingsbeheer wordt geadviseerd. Op locatie 7 is langdurig verschralingsbeheer nodig (> 13 jaar), mits de diepere bodem P-arm is (is niet bekend). Wanneer op locatie 4 (2020) en 7 (2020) 5 cm bouwvoor blijft zitten (30 cm afgraven), zal ook op deze locaties een sterke verruiging kunnen optreden.

Deelgebied 2B (ambitie: vochtige alluviale bossen)

In deelgebied 2B werden in twee percelen in zowel 2010 (locatie 27 en 28) als 2016 (locatie 17 en 18) bodemmonsters verzameld en geanalyseerd (Antheunisse, 2010; van Mullekom e.a., 2019). De analyseresultaten op locatie 27 (2010) en 17 (2016) blijken sterk te verschillen. Bij grote verschillen worden de meest recente data uit 2016 aangehouden. Op basis van het onderzoek in 2016 werd geadviseerd om 20 of 30 cm af te graven voor de ontwikkeling van heischraal grasland (van Mullekom e.a., 2019).

Figuur 13. Impressie van deelgebied 2B ter hoogte van locatie 10 (links) en locatie 12 (rechts). Foto's: 5.1.2e 5.1.2e .

Op 5 aanvullende locaties (locatie 9 t/m 12; Figuur 13) werd in juli 2020 het bodemprofiel beschreven en bodemmonsters verzameld. Volgens de bodemkaart bestaat de bodem in deelgebied

2B uit gooreerdgronden en veldpodzolgronden van leemarm en zwak lemig fijn zand, en moerige eerdgronden (Bijlage 2). De belangrijkste bodemchemische parameters, gemeten in zowel 2010, 2016 als 2020, worden gegeven in Tabel 7. Op alle locaties in dit deelgebied is een matig tot sterk siltige zandige bouwvoor met een dikte variërend van 20 tot 35 cm aangetroffen. De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1924-5233 µmol/l en P-t: 11,7-22,3 mmol/l). Verschralen van de bouwvoor (pakket van 0-25 cm) via maaien en afvoeren vergt een periode van ca. 55 tot 130 jaar en is daarmee niet kansrijk. Uitgezonderd locatie 9 (2020) is op alle locaties na afgraven van de bouwvoor (25-35 cm), evt. in combinatie met beperkt aanvullend verschralen, de bodem voldoende P-arm (Olsen-P: 280-972 µmol/l en P-t: 2,0-4,5 mmol/l) voor de ontwikkeling van heide of heischraal grasland (Ca-t: 5-20 mmol/l, Ca-z: ± 3.000-10.000 µmol/l). Op locatie 9 (2020) is de zandbodem onder de bouwvoor nog te rijk aan P (Olsen-P: 1585 µmol/l en P-t: 8,7 mmol/l) en is langdurig aanvullend verschralingsbeheer (min. 20 jaar, P-rijkdom diepere bodem niet bekend) tot een streefconcentratie van 800 µmol Olsen-P/l. De locatie wordt daarmee beschouwd als niet kansrijk.

Tabel 7. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) en de natuurpotenties van onderzochte locaties in deelgebied 2B. Zowel in 2010, 2016 als 2020 werden bodemmonsters geanalyseerd. GLG_profiel = GLG afgeleid uit het bodemprofiel, GLG_model = toekomstige berekende GLG, GHG_profiel = GHG afgeleid uit het bodemprofiel en GHG_model = toekomstige berekende GHG gemiddeld; Diepte = diepte in cm-mv; HZT = horizont; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie; Fe/P = ijzer/fosfor-ratio; -z = zoutuitwisselbare (labiele) concentraties; M3/M5/M8 = berekende verschralingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren (tot een streefconcentratie van 300/500/800 µmol Olsen-P /l) (totaal-P > 3 mmol/l). De Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. Natuurtype: HEI = heide, HGL = heischraal grasland; Maatregel: aantal cm P-rijke grond dat afgegraven moet worden, + = < 10 jaar aanvullend maaien en afvoeren en ++ = 10-25 jaar aanvullend maaien en afvoeren. Zie het bijschrift van Tabel 2 voor de toegepaste kleurarceringen.

2010	2016	2018	2020	GLG		GHG		Diepte	Grondsoort	HZT	OS	Ols-P	P-t	Ca-t	Fe-t	Fe/P	Ca-z	P-z	NO_3-z	M3	M5	M8	Natuurtype	Maatregel
				profiel	model	profiel	model																	
27					93		17	0-20				3633	13,8	20	44	3				67	67	67	-	-
								20-30				3270	12,2	20	45	4				29	29	29		
								30-40				1545	5,8	17	39	7				9	9	9		
								40-60				3531	12,2	20	43	3				57	57	57		
	17			110	93	60	17	0-20	zand, bv	Ap	3	3393	12,0	18	20	2				56	56	56		
								20-30	zand	BC	1	401	2,5	14	28	11				[illegible]			HGL	20
								30-40	zand	BC	1	155	1,2	13	26	21				[illegible]				
								40-50	zand	BC	1	87	1,0	9	24	24				[illegible]				
28					87		15	0-20				5233	14,7	21	31	2				73	73	73		
								20-30				4704	14,2	22	31	2				35	35	35		
								30-40				339	2,2	11	29	14				[illegible]			HGL	30+
								40-60				750	3,6	12	27	7				4	4	[illegible]		
	18			100	87	60	15	0-20	zand, bv	Ap	3	2411	14,2	22	24	2				70	70	59		
								20-30	zand	Axc	3	2319	12,1	22	22	2				29	29	25		
								30-40	zand	C	2	972	4,5	14	21	5				5	5	3	HGL	30+
								40-50	zand	C	0	135	0,8	8	23	30				[illegible]				
			9	120	54	50	2	0-20	zand, bv	Ap	4	1924	12,3	27	28	2	8532	26	71	58	57	45	-	-
								20-30	zand, bv	Ap	4	1974	11,7	27	29	2				27	27	22		
								30-45	zand	AB	5	1585	8,7	27	31	4	10039	11	398	27	27	20		
			10	100	61	50	1	0-20	zand, bv	Ap	3	3217	18,1	40	23	1	11680	100	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		
								20-35	zand, bv	Ap	5	2355	15,0	38	22	1				56	55	46		
								35-45	zand	B	2	280	2,0	20	17	9	9980	[illegible]	63	[illegible]	[illegible]	[illegible]	HGL	35
			11	110	87	60	16	0-20	zand, bv	Ap	3	3369	22,3	36	20	1	10039	78	264	[illegible]	[illegible]	[illegible]		
								20-35	zand, bv	Ap	3	4331	20,3	29	21	1				[illegible]	[illegible]	77		
								35-45	zand	C	0	419	2,0	5	29	15	3048	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	HEI	35
			12	110	42	40	0	0-15	zand, bv	Ap	3	3119	15,0	29	18	1	10732	63	152	56	56	52		
								15-25	zand, bv	Ap	3	2923	16,5	34	19	1				42	42	37		
								25-35	zand	BC	1	967	2,9	9	25	9	5702	46	73	[illegible]	[illegible]	[illegible]	HEI/HGL	25
								35-45	zand	BC	1	445	1,8	8	27	15				[illegible]	[illegible]	[illegible]		

De bodem in deelgebied 2B is te zwak gebufferd voor de ontwikkeling van beekbegeleidend bos, maar er liggen wel potenties voor de ontwikkeling van heide of heischraal grasland. Zonder beheer en onder de juiste hydrologische omstandigheden zal zich een zuurder berkenbroek ontwikkelen. Uit de modelberekeningen blijkt dat op de onderzoekslocaties de toekomstige GLG met 13-23 cm gaat stijgen en de GHG met 23-36 cm (Tabel 4). De berekende toekomstige grondwaterstanden zijn na afgraven van de P-rijke toplaag (20-35 cm) vrij hoog (GLG: 17-73 cm-mv en GHG: 2 tot -34 cm-mv). Uitgaande van de mogelijkheid om in de winter een deel van het water af te voeren, zijn de grondwaterstanden geschikt voor de ontwikkeling van natte natuurtypen als vochtige heide, heischraal grasland of berkenbroek.

Wanneer maximaal 30 cm afgegraven mag worden, blijft op locatie 9 (2020), 10 (2020) en 11 (2020) nog een deel van de P-rijke bouwvoor achter met het risico op verruiging. Wanneer er water op maaiveld komt te staan, dan bestaat het risico (Fe/P-ratio ≤ 4; Tabel 7) dat uit de nog voedselrijke bodem op deze locaties fosfaat wordt gemobiliseerd. Het gemobiliseerde fosfaat kan oppervlakkig afspoelen naar lagergelegen delen in het gebied en daar zorgen voor eutrofiering.

Advies deelgebied 2B:

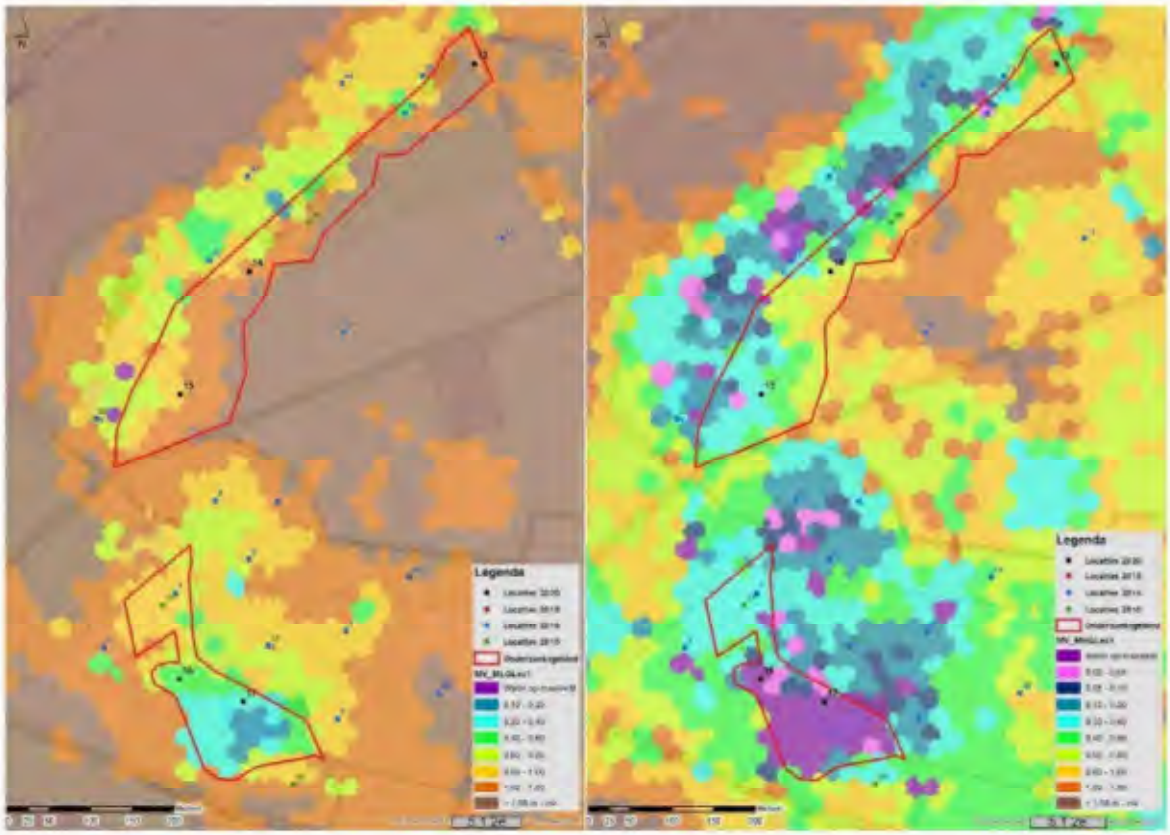
In deelgebied 2B kan door het afgraven van de bouwvoor (25-35 cm) een geschikte uitgangssituatie voor de ontwikkeling van (vochtige) heide of heischraal grasland (op de meer gebufferde locaties) gerealiseerd worden. Op locatie 18 (2016) is de Olsen-P concentratie nog iets te hoog, zodat een beperkt aanvullend verschralingsbeheer wordt geadviseerd. Op locatie 9 (2020) is na verwijderen van de bouwvoor nog langdurig verschralingsbeheer nodig (> 20 jaar) en deze locatie is daarmee niet kansrijk. Wanneer op locatie 10 (2020) en 11 (2020) 5 cm bouwvoor blijft zitten (30 cm afgraven), zal op deze locaties een sterke verruiging kunnen optreden.

4.7 Deelgebied 3

Het ambitietype voor deelgebied 3 is zowel vochtige heide als vochtige alluviale bossen (Figuur 2) en daarom is het gebied opgedeeld in deelgebied 3A (vochtige alluviale bossen) en deelgebied 3B (vochtige heide). In Figuur 14 zijn kaarten opgenomen met de berekende toekomstige GLG en GHG in deelgebied 3. Door de aanwezige hoogteverschillen in dit deelgebied, variëren de toekomstige grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld sterk.

Deelgebied 3A (ambitie: vochtige alluviale bossen)

In deelgebied 3A werden zowel in 2010 (locatie 36) als 2016 (locatie 14) bodemmonsters verzameld en geanalyseerd (Antheunisse, 2010; van Mullekom e.a., 2019). Op basis van het onderzoek in 2016 werd geadviseerd om op een lager ambitieniveau zoals een suboptimaal kruiden- en faunarijkgrasland in te zetten (van Mullekom e.a., 2019).



Figuur 14. Berekende toekomstige GLG (links) en GHG (rechts) voor deelgebied 3. Hydrologisch model: Waterschap de Dommel.

Tabel 8. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) en de natuurpotenties van onderzochte locaties in deelgebied 3A. Zowel in 2010, 2016 als 2020 werden bodemmonsters geanalyseerd. GLG_profiel = GLG afgeleid uit het bodemprofiel, GLG_model = toekomstige berekende GLG, GHG_profiel = GHG afgeleid uit het bodemprofiel en GHG_model = toekomstige berekende GHG gemiddeld; Diepte = diepte in cm-mv; HZT = horizont; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie; Fe/P = ijzer/fosfor-ratio; -z = zoutuitwisselbare (labiele) concentraties; M3/M5/M8 = berekende verschralingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren (tot een streefconcentratie van 300/500/800 µmol Olsen-P /l) (totaal-P > 3 mmol/l). De Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. Natuurtype: HEI = heide, HGL = heischraal grasland; Maatregel: aantal cm P-rijke grond dat afgegraven moet worden, + = < 10 jaar aanvullend maaien en afvoeren en ++ = 10-25 jaar aanvullend maaien en afvoeren. Zie het bijschrift van Tabel 2 voor de toegepaste kleurarceringen.

2010	2016	2018	2020	GLG		GHG		Diepte	Grondsoort	HZT	OS	Ols-P	P-t	Ca-t	Fe-t	Fe/P	Ca-z	P-z	NO_3-z	M3	M5	M8	Natuurtype	Maatregel
				profiel	model	profiel	model																	
36					114		49	0-20				5904	32,4	37	41	1								
								20-30				629	29,5	37	39	1				48	19		EB8	20
								30-40				210	2,7	15	33	12							HGL	30
								40-60				398	3,9	18	40	10				6				
	14			100	56	50	2	0-20	zand, bv	Ap	3	4378	23,9	17	32	1							-	-
								20-40	zand, bv	Ap	3	3659	24,5	32	34	1								
								40-60	zand, bv	Ap	3	3374	24,2	40	35	1								
								60-80	zand	C	1	953	3,9	12	23	6				6	6	4		
			13	>150	105	125	45	0-20	zand, bv	Ap	3	2531	5,9	0	15	3	356	10	79	18	18	18		
								20-30	zand, bv	Ap	4	1846	4,7	0	15	3				5	5	5	HEI	20+
								30-40	zand	A	3	1511	3,6	0	14	4	383	8	39	2	2	2	HEI	30+

Op 1 aanvullende locatie (locatie 13; Figuur 15) werd in juli 2020 het bodemprofiel beschreven en bodemmonsters verzameld. Volgens de bodemkaart bestaat de bodem in deelgebied 3A uit veldpodzol- en gooreerdgronden van leemarm en zwak lemig fijn zand (Bijlage 2). De belangrijkste bodemchemische parameters, gemeten in zowel 2010, 2016 als 2020, worden gegeven in Tabel 8. De bodem is dit deelgebied is sterk verstoord, waarbij op locatie 14 (2016) een 60 cm dik opgebracht zandpakket is aangetroffen (Tabel 8). De bodemopbouw op locatie 36 (2010) is niet bekend, maar de bouwvoor lijkt 20 cm dik en is zeer P-rijk (Olsen-P: 5904 µmol/l en P-t: 32,4 mmol/l). Verschralen van de bouwvoor (pakket van 0-25 cm) via maaien en afvoeren vergt een periode van ca. 175 jaar en is daarmee niet kansrijk. Na afgraven van 20 cm P-rijke bodem ontstaan er op locatie 36 (2010) kansen voor de ontwikkeling van alluviaal bos (Olsen-P: 629 µmol/l, P-t: 29,5 mmol/l en Ca-t: 37 mmol/l). De hoge P-voorraad in de bodem vormt daarbij wel een risico en de analyses zijn al 10 jaar geleden uitgevoerd. Verder is het van belang dat de juiste hydrologische condities gerealiseerd kunnen worden en ook de kwaliteit van het grondwater is daarbij sturend. Voeding met gebufferd, ijzerrijk, nutriënten- en sulfaatarm grondwater is belangrijk. Uit onderzoek naar de grondwaterkwaliteit in het dal van de Oude Strijper Aa blijkt dat vooral in de omgeving van deelgebied 3 het grondwater slechts zwak gebufferd is (Tomassen & Smolders, 2019).

Figuur 15. Impressie van deelgebied 3A ter hoogte van locatie 13. Foto: 5.1.2e

De P-voorraad in de bouwvoor van locatie 13 (2020) is gering (P-t: 4,7-5,9; Tabel 8), maar de fosfaatbeschikbaarheid is hoog (ca. 40%: 1846-2531 µmol Olsen-P/l). De zandbodem onder de bouwvoor kan met beperkt aanvullend verschralen (min. 2 jaar maaien en afvoeren) voldoende verschraald worden voor de ontwikkeling van heide. De bodem op deze locatie is zuur en ongebufferd (Ca-t: 0 mmol/l en Ca-z: ca. 350 µmol), met een lage basenverzadiging (< 20%) en hoge concentraties toxisch aluminium (> 1000 µmol Al-z/l; Tabel 2). Het advies is om deze locatie eenmalig te bekalken (2000 kg Dolokal/ha) om de bodembuffering te verhogen en de soortenrijkdom te vergroten. Voor de ontwikkeling van een berkenbroek zijn de (toekomstige) grondwaterstanden waarschijnlijk veel te laag.

Uit de modelberekeningen blijkt dat op de onderzoeklocaties de toekomstige GLG met 4-8 cm gaat stijgen en de GHG met 2-3 cm (Tabel 4). De berekende toekomstige grondwaterstanden variëren sterk binnen het gebied (Figuur 14). Na afgraven van de P-rijke toplaag varieert de berekende GLG van 56-94 cm-mv en de GHG van 2-29 cm-mv. Bij deze grondwaterstanden moet het mogelijk zijn om natte natuurtypen als vochtige heide, heischraal grasland of berkenbroek te ontwikkelen.

Wanneer maximaal 30 cm afgegraven mag worden, blijft op locatie 14 (2016) nog een deel van de P-rijke bouwvoor achter met het risico op verruiging. De toekomstige GHG komt volgens de berekening rond maaiveld te liggen, waardoor het risico (Fe/P-ratio = 1; Tabel 8) bestaat dat fosfaat uit de bodem van deze locatie oppervlakkig kan afspoelen naar lagergelegen delen in het gebied en daar zorgen voor eutrofiering.

Advies deelgebied 3A:

De drie locaties in deelgebied 3A verschillen sterk in bodemchemie. Op locatie 36 (2010) liggen na 20 cm afgraven kansen voor de ontwikkeling van alluviaal bos, maar de toekomstige grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld zijn na afgraven nog relatief laag (GLG: 94 cm-mv en GHG: 29 cm-mv). Locatie 14 (2016) is niet kansrijk en op locatie 13 (2020) kan na afgraven van 20-30 cm, in combinatie met aanvullend verschralen, een zure vochtige heide ontwikkelen (GLG mogelijk te laag: 56 cm-mv). Het advies is om deze locatie eenmalig te bekalken (2000 kg Dolokal/ha) om de bodembuffering te verhogen en de soortenrijkdom te vergroten.

Deelgebied 3B (ambitie: vochtige heide)

In deelgebied 3B werden zowel in 2010 (locatie 37) als 2016 (locatie 1) bodemmonsters verzameld en geanalyseerd (Antheunisse, 2010; van Mullekom e.a., 2019). Op basis van het onderzoek in 2016 (locatie 1) werd geadviseerd om 30 cm af te graven in combinatie met beperkte aanvullende verschraling voor de ontwikkeling van vochtige heide (van Mullekom e.a., 2019). De bodem op locatie 37 (2010) is te sterk gebufferd voor heide (Ca-t: 35 mmol/l) en na afgraven van de bouwvoor (30 cm) liggen er kansen voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Tabel 9).

Figuur 16. Impressie van de vegetatie op locatie 16 (links) en locatie 17 (rechts) op 30 juli 2020. Foto: 5 1.2e

Op vier aanvullende locaties (locatie 14 t/m 17; Figuur 16) werd in juli 2020 het bodemprofiel beschreven en bodemmonsters verzameld. Volgens de bodemkaart bestaat de bodem in deelgebied 3B uit vlakvaaggronden van leemarm en zwak lemig fijn zand (Bijlage 2). De belangrijkste bodemchemische parameters, gemeten in zowel 2010, 2016 als 2020, worden gegeven in Tabel 9. Op locaties 14 en 15 (2020; noordelijke deel) is een matig siltige zandige bouwvoor met een dikte van 30 tot 35 cm aangetroffen. De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2190-3780 µmol/l en P-t: 15,3-20,1 mmol/l). Verschralen van de bouwvoor (pakket van 0-25 cm) via maaien en afvoeren vergt een periode van ca. 95 tot 120 jaar en is daarmee niet kansrijk. Na verwijderen van de bouwvoor (30-35 cm) is de bodem, in combinatie met aanvullend verschralen, voldoende P-arm (Olsen-P: 1354-1421 µmol/l en P-t: 5,8-7,2 mmol/l) voor de ontwikkeling van heide of heischraal grasland (Ca-t: 6-11 mmol/l, Ca-z: ± 2.500-4.500 µmol/l).

Tabel 9. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) en de natuurpotenties van onderzochte locaties in deelgebied 3B. Zowel in 2010, 2016 als 2020 werden bodemmonsters geanalyseerd. GLG_profiel = GLG afgeleid uit het bodemprofiel, GLG_model = toekomstige berekende GLG, GHG_profiel = GHG afgeleid uit het bodemprofiel en GHG_model = toekomstige berekende GHG gemiddeld; Diepte = diepte in cm-mv; HZT = horizont; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie; Fe/P = ijzer/fosfor-ratio; -z = zoutuitwisselbare (labiele) concentraties; M3/M5/M8 = berekende verschralingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren (tot een streefconcentratie van 300/500/800 µmol Olsen-P /l) (totaal-P > 3 mmol/l). De Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. Natuurtype: BLG = blauwgrasland, HEI = heide, HGL = heischraal grasland en VEN = zuur of zwak gebufferd ven; Maatregel: aantal cm P-rijke grond dat afgegraven moet worden, + = < 10 jaar aanvullend maaien en afvoeren en ++ = 10-25 jaar aanvullend maaien en afvoeren. Zie het bijschrift van Tabel 2 voor de toegepaste kleurarceringen.

2010	2016	2018	2020	GLG		GHG		Diepte	Grondsoort	HZT	OS	Ols-P	P-t	Ca-t	Fe-t	Fe/P	Ca-z	P-z	NO_3-z	M3	M5	M8	Natuurtype	Maatregel
				profiel	model	profiel	model																	
37					92		27	0-20				1977	15,7	24	31	3				79	73	58		
								20-30				2072	13,0	24	50	4				31	31	25		
								30-40				151	4,8	39	63	13							BLG	30
								40-60				228	6,3	18	32	5								
	1			80	85	0	23	0-20	zand, bv	Ap	4	1269	9,2	27	33	4				39	35	21		
								20-30	zand, bv	Ap	3	1465	11,3	24	37	3				26	23	16		
								30-40	zand	Bxx	2	579	3,5	9	26	7				1	1		HEI	30+
								40-50	zand	Bxx	2	178	1,7	10	21	12								
								55-75	zand	Bxx	2	227	2,3	13	23	10								
								75-90	veraard veen	Ox	10	155	4,9	45	67	13								
			14	140	137	80	69	0-20	zand, bv	Ap	3	3341	19,9	17	22	1	5812	76						
								20-35	zand, bv	Ap	2	3780	20,1	16	18	1				80	80	74		
								35-45	zand	B	1	1421	7,2	11	16	2	4479	24		13	13	10	HEI/HGL	35++
			15	>150	95	75	20	0-20	zand, bv	Ap	3	2491	18,3	29	32	2	7632	39						
								20-30	zand, bv	Ap	3	2190	15,3	25	26	2				38	37	30		
								30-40	zand	C	0	1354	5,8	6	15	3	2531	47		9	9	7	HEI	30+
			16	50	52	0	0	0-15	zand	AB	5	202	3,4	17	35	10	1358						VEN	0
								15-30	zand	AB	7	194	3,2	15	27	8								
								30-45	zand	AB	3	191	2,7	8	26	10	3274							
								45-55	leem	B	4	95	1,1	7	23	21	5992							
			17	60	21	0	-6	0-15	zand, bv	Ap	22	165	4,1	53	64	16	17399						VEN	0
								15-25	zand	BC	2	46	1,1	8	25	22	5853							
								25-35	zand	BC	2	28	0,8	7	24	30								
								35-45	zand	BC	2	45	0,9	13	32	37								

De lagergelegen locaties 16 en 17 (2020; zuidelijke deel) worden gekenmerkt door een ruige vegetatie met o.a. riet en opslag van Berk (Figuur 16). Desondanks is de bodem op deze locaties P-arm (Olsen-P: 165-202 µmol/l en P-t: 3,4-4,1 mmol/l). De bouwvoor is op deze locaties waarschijnlijk al afgegraven en door een misverstand zijn deze locaties opnieuw bemonsterd. Het ambitietype voor deze locaties is ook geen vochtige heide maar zuur ven (H3160). Op locatie 16 (2020) is de zandbodem zwak gebufferd (Ca-t: 17 mmol/l en Ca-z: 1.500 µmol/l) en geschikt voor

de ontwikkeling van een zuur ven. Op locatie 17 (2020) is de zandbodem wel goed gebufferd (Ca-t: 53 mmol/l en Ca-z: 17.500 µmol/l) en zal daarmee zorgen voor enige buffering van het oppervlaktewater. Op deze locatie is ook veel riet aanwezig (Figuur 16). Om een voedselarm zuur (of zwak gebufferd) ven te realiseren zal de bestaande vegetatie moeten worden verwijderd (bron van nutriënten).

Uit de modelberekeningen blijkt dat op de onderzoeklocaties de toekomstige GLG met 4-8 cm gaat stijgen en de GHG met 0-5 cm (Tabel 4). De berekende toekomstige grondwaterstanden variëren sterk binnen het gebied (Figuur 14). Na afgraven van de P-rijke toplaag (indien nodig) varieert de berekende GLG van 21-102 cm-mv en de GHG van 34 tot -7 cm-mv. Op locatie 14 (2020) en 15 (2020) zijn de toekomstige grondwaterstanden na afgraven (35 cm) te laag voor de ontwikkeling van een vochtige heide (GLG: 102 cm-mv en GHG: 34 cm-mv). Op locatie 15 (2020) is de toekomstige GLG aan de lage kant (65 cm-mv) voor vochtige heide.

Wanneer maximaal 30 cm afgegraven mag worden, blijft op locatie 14 (2020) nog een deel van de P-rijke bouwvoor achter met het risico op verruiging. Het risico op oppervlakkige afspoeling van het fosfaat is gezien de lage grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld gering.

Advies deelgebied 3B:

In deelgebied 3B kan in het noordelijke deel door het afgraven van de bouwvoor (30-35 cm), in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer, een geschikte uitgangssituatie voor de ontwikkeling van (vochtige) heide of heischraal grasland gerealiseerd worden. Ditzelfde advies geldt voor het hoger gelegen deel in het zuidelijke deel van deelgebied 3B (locatie 1 uit 2016). Wanneer op locatie 14 (2020) 5 cm bouwvoor blijft zitten (30 cm afgraven), zal op deze locatie een sterke verruiging kunnen optreden. Op de lagergelegen locaties in het zuidelijke deel is de bodem al P-arm en geschikt voor de ontwikkeling van een zuur of zwak gebufferd ven (afhankelijk van de kwaliteit van het freatisch grondwater).

4.8 Samenvatting kansen voor natuurontwikkeling

De in paragraaf 4.5 t/m 4.7 beschreven kansen voor natuurontwikkeling worden in Tabel 10 samengevat en in Figuur 17 t/m Figuur 19 ruimtelijk weergegeven. Hierbij zijn zowel de kansen voor natuurontwikkeling aangegeven op basis van het huidige aanvullende bodemonderzoek, als de kansen voor de locaties die al in 2010, 2016 of 2018 zijn bemonsterd en binnen de begrenzingen van de deelgebieden liggen. Een aantal locaties zijn zowel in 2010 als 2016 bemonsterd en voor deze locaties zijn de adviezen uit 2016 opgenomen. De reden hiervoor is dat de analyses uit 2016 van recentere datum zijn, de profielbeschrijvingen van de bodem beschikbaar zijn en de bemonstering is afgestemd op de diepte waarop de overgang van de horizonten zich bevinden (bodemlagen zijn niet gemengd).

Uit het bodemchemische onderzoek blijkt dat de ontwikkeling van de beoogde natuurtypen (vochtig alluviaal bos of vochtige heide) niet altijd mogelijk is. Redenen hiervoor zijn dat de bodem te zwak of juist te sterk gebufferd is, of tot op een te grote diepte verrijkt is met fosfaat. De toekomstige gemodelleerde grondwaterstanden lijken de ontwikkeling van natte natuurtypen als vochtig alluviaal bos of vochtige heide mogelijk te maken. Kanttekening daarbij is wel dat de gemodelleerde huidige grondwaterstanden op een aantal locaties sterk afwijkt (> 30 cm) van de uit het boorprofiel afgeleide grondwaterstanden. Vooral in deelgebied 2A wijken de huidige gemodelleerde waterstanden sterk af (Tabel 4).

Een aantal locaties zijn niet kansrijk om basis van de geanalyseerde bodemlagen. Van deze locaties ligt nog een diepere bodemlaag (10-20 cm onder de bouwvoor) in de koeling. Analyse van deze bodemlagen is alleen zinvol wanneer het afgraven van meer dan 30 cm P-rijke bodem een optie is of om de verschralingsduur na afgraven van de bouwvoor beter in te kunnen inschatten (bodempakket van 25 cm dikte is dan van belang).

Op een groot aantal locaties is het advies om de volledige bouwvoor van 35 cm te verwijderen. Indien 30 cm wordt afgegraven zal dit resulteren in een sterke verruiging van de vegetatie. Bij hoge grondwaterstanden neemt dan ook het risico op fosfaatmobilisatie toe, omdat door de hogere P-concentraties de Fe/P-ratio vaak ongunstig is (< 5). Onder natte omstandigheden kan ijzer minder sterk fosfaat binden en bij een ongunstige Fe/P-ratio kan het fosfaat deels gemobiliseerd worden en afspoelen naar lagergelegen delen of naar de Oude Strijper Aa.

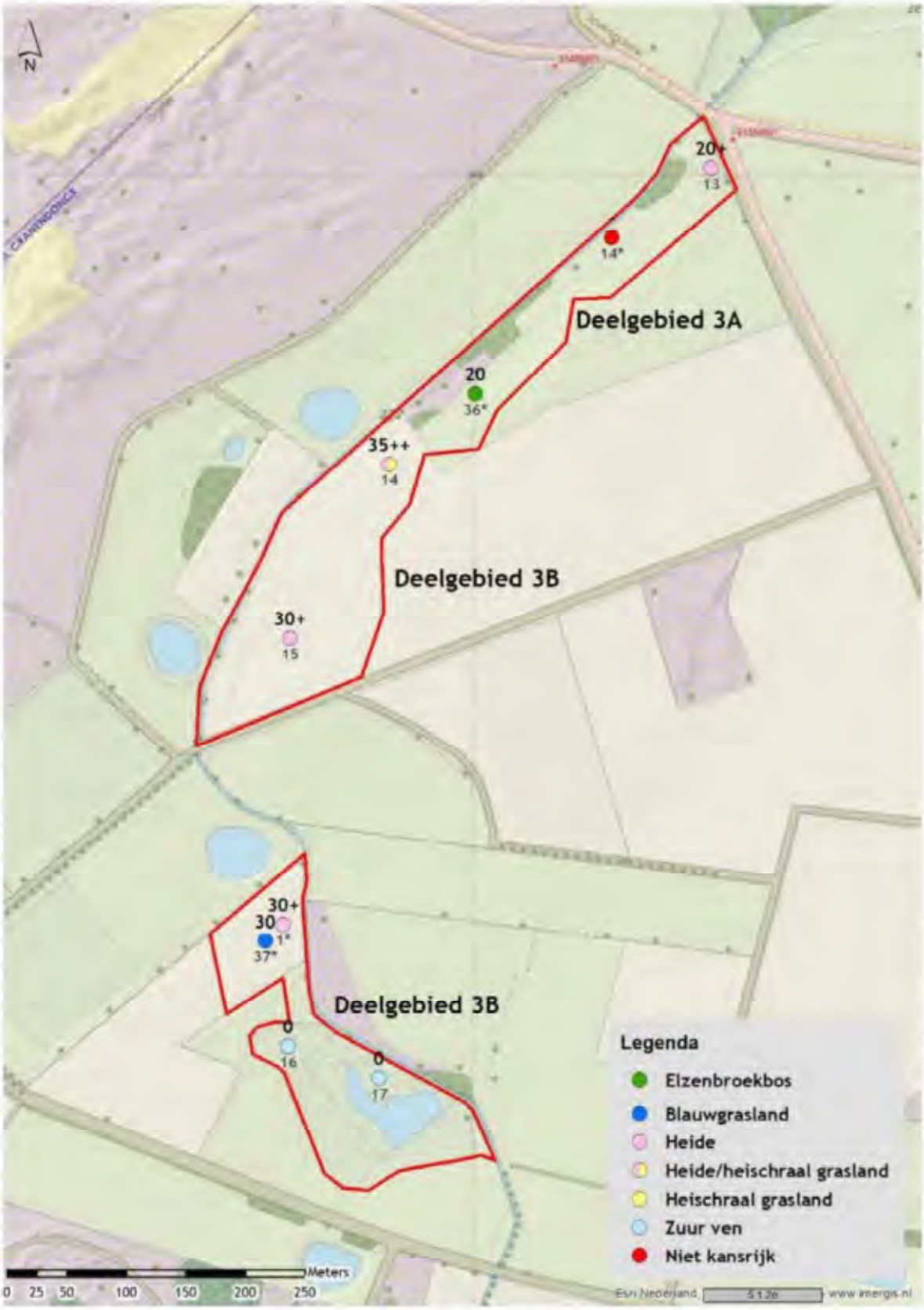
De bodem op locatie 13 is zeer zuur en ongebufferd. Op deze locatie is het advies om een eenmalige bekalking te overwegen (zie ook paragraaf 4.9).

Tabel 10. Bodemchemische samenstelling van de nieuwe toplaag van de bodem na uitvoering van de geadviseerde verschralingsmaatregelen per locatie voor de verschillende deelgebieden. Maatregel: aantal cm P-rijke grond dat afgegraven moet worden, + = < 10 jaar aanvullend maaien en afvoeren en ++ = 10-25 jaar aanvullend maaien en afvoeren; Natuurtype: BLG = blauwgrasland, EBB = elzenbroekbos, HEI = heide, HGL = heischraal grasland, VEN = zuur of zwak gebufferd ven en VHL = vochtig hooiland; GLG_toekomst = toekomstige berekende GLG na geadviseerde maaiveldverlaging en GHG_toekomst = toekomstige berekende GHG na geadviseerde maaiveldverlaging (rood: berekende huidige GLG/GHG wijkt meer dan 30 cm af van GLG/GHG afgeleid uit het bodemprofiel; zie Tabel 4). Zie het bijschrift van Tabel 2 voor de uitleg van de verschillende bodemchemische variabelen en de toegepaste kleurarceringen.

Locatie	Jaar	Maatregel	Natuurtype	GLG-toekomst	GHG_toekomst	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	Ols-P	P-t	Ca-t	Fe-t	Fe/P	Ca-z	P-z	NO_3-z	M3	M5	M8
Deelgebied 1																				
4	2018	35+	EBB/VHL	46	-8	35-50	zand	AB	4	902	8,2	27	73	9				24	17	4
1	2020	-	-	99	44	0-20	zand, bv	Ap	5	5209	29,9	11	84	3	4916	24	110			
2	2020	35	EBB/VHL	51	-5	35-45	zand	C	3	658	6,8	20	101	15	7209			12	5	
3	2020	-	-	40	-1	0-20	zand, bv	Ap	5	4128	33,0	33	74	2	9928	23	70			
Deelgebied 2A																				
19	2016	30+	HGL	47	-19	30-40	zand	AxB	2	835	3,2	19	32	10				1	1	
4	2020	35+	HEI	43	-20	35-45	zand	BC	1	1102	3,2	3	15	5	4337	14	83	1	1	1
5	2020	30	HEI	64	-20	30-40	zand	BC	1	460	2,0	5	12	6	2379	2	145			
6	2020	25+/35	HEI/HGL	56/46	-15/-25	25-35	zand	BC	1	868	4,6	11	32	7	4655			5	5	1
7	2020	35++	HEI/HGL	40	-28	35-45	zand	C	1	2391	7,1	15	28	4	5967	139	55	13	13	13
8	2020	30	HEI	49	-26	30-40	zand	C	0	322	1,0	3	16	17	3343	26	118			
Deelgebied 2B																				
17	2016	20	HGL	73	-3	20-30	zand	BC	1	401	2,5	14	28	11						
18	2016	30+	HGL	57	-15	30-40	zand	C	2	972	4,5	14	21	5				5	5	3
9	2020	-	-	54	2	0-20	zand, bv	Ap	4	1924	12,3	27	28	2	8532	26	71	58	57	45
10	2020	35	HGL	26	-34	35-45	zand	B	2	280	2,0	20	17	9	9980		63			
11	2020	35	HEI	52	-19	35-45	zand	C	0	419	2,0	5	29	15	3048					
12	2020	25	HEI/HGL	17	-25	25-35	zand	BC	1	967	2,9	9	25	9	5702		73			
Deelgebied 3A																				
36	2010	20	EBB	94	29	20-30				629	29,5	37	39	1				48	19	
14	2016	-	-	56	2	0-20	zand, bv	Ap	3	4378	23,9	17	32	1						
13	2020	20+	HEI	85	25	20-30	zand, bv	Ap	4	1846	4,7	0	15	3				5	5	5
Deelgebied 3B																				
37	2010	30	BLG	62	-3	30-40				151	4,8	35	63	13						
1	2016	30+	HEI	55	-7	30-40	zand	Bxx	2	579	3,5	9	26	7				1	1	
14	2020	35++	HEI/HGL	102	34	35-45	zand	B	1	1421	7,2	11	16	2	4479	24		13	13	10
15	2020	30+	HEI	65	-10	30-40	zand	C	0	1354	5,8	6	15	3	2531			9	9	7
16	2020	0	VEN	52	0	0-15	zand	AB	5	202	3,4	17	35	10	1358					
17	2020	0	VEN	21	-6	0-15	zand, bv	Ap	22	165	4,1	53	64	16	17399					

Figuur 17. Kaart met de te realiseren natuurtypen en de geadviseerde verschralingsmaatregelen in deelgebied 1. Het getal onder iedere stip geeft het locatienummer (* erbij is locatie uit 2010, 2016 of 2018) en het getal boven de stip geeft aan hoeveel cm P-rijke bodem er afgegraven moet worden. Indien aanvullend verschralingsbeheer noodzakelijk is, wordt dit aangeven met een plusteken: + = < 10 jaar maaien en afvoeren en ++ = 10-25 jaar maaien en afvoeren.

Figuur 18. Kaart met de te realiseren natuurtypen en de geadviseerde verschralingsmaatregelen in deelgebied 2. Het getal onder iedere stip geeft het locatienummer (* erbij is locatie uit 2010, 2016 of 2018) en het getal boven de stip geeft aan hoeveel cm P-rijke bodem er afgegraven moet worden. Indien aanvullend verschralingsbeheer noodzakelijk is, wordt dit aangeven met een plusteken: + = < 10 jaar maaien en afvoeren en ++ = 10-25 jaar maaien en afvoeren.

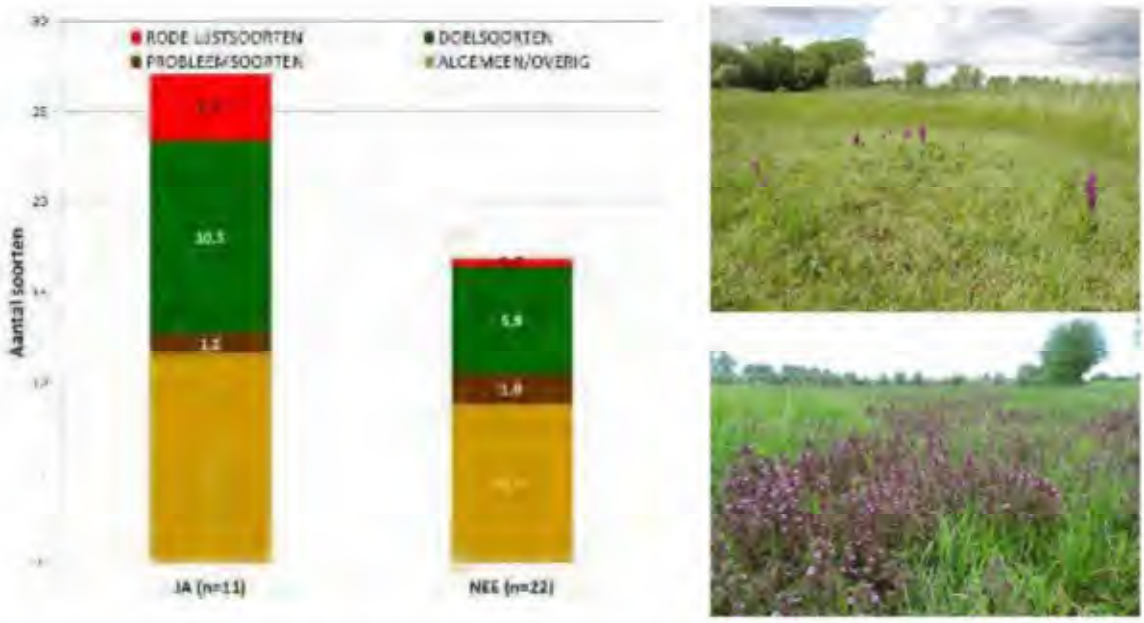


Figuur 19. Kaart met de te realiseren natuurtypen en de geadviseerde verschralingsmaatregelen in deelgebied 3. Het getal onder iedere stip geeft het locatienummer (* erbij is locatie uit 2010, 2016 of 2018) en het getal boven de stip geeft aan hoeveel cm P-rijke bodem er afgegraven moet worden. Indien aanvullend verschralingsbeheer noodzakelijk is, wordt dit aangeven met een plusteken: + = < 10 jaar maaien en afvoeren en ++ = 10-25 jaar maaien en afvoeren.

4.9 Aanvullende maatregelen

De eerste jaren na de het afgraven van de voedselrijke toplaag dient maaibeheer plaats te vinden om de ontwikkeling en uitbreiding van algemene/ruigte soorten te beperken. Doordat vaak vele zaden aanwezig zijn kunnen deze algemene soorten, ook onder P-arme condities, tot ontwikkeling komen. Door middel van een maaibeheer en het aanbrengen van maaisel of plagsel kan de groei van ongewenste algemene soorten worden onderdrukt. Opgemerkt dient te worden dat de lokale ontwikkeling van ruigtes op zichzelf niet nadelig is en zelfs kan bijdragen aan de diversiteit van een gebied. Vlinders, sprinkhanen, vogels en kleine zoogdieren kunnen hiervan profiteren.

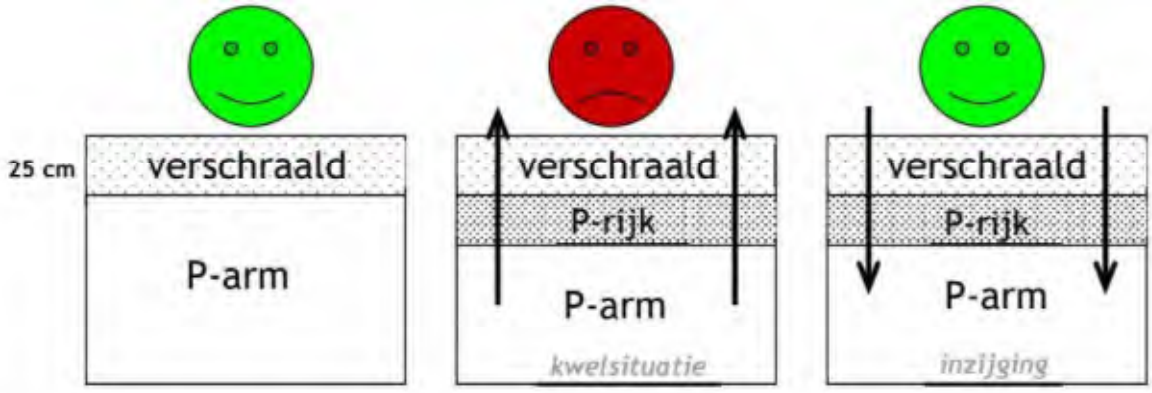
Op de afgegraven locaties wordt geadviseerd om kort na afgraven (<1 jaar) maaisel/plagsel op te brengen uit goed ontwikkelde referentielocaties om kolonisatie door doelsoorten te stimuleren. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank vaak niets meer over. Natte, venige laagtes kunnen een uitzondering vormen. Zonder het uitstrooien van vers maaisel of plagsel uit geschikte referentiegebieden is de kans op vestiging van doelsoorten klein. Veel zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd op de herstelde terreinen. Het herintroduceren van doelsoorten uit zo lokaal mogelijke bronnen (in verband met de genetische diversiteit en de aanpassing aan lokale omstandigheden) leidt onder de juiste bodemchemische en hydrologische omstandigheden tot een succesvol herstel van ontgronde terreinen (Figuur 20).



Figuur 20. Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015. Op 33 locaties zijn vegetatieopnames gemaakt in gebieden waar door middel van ontgronding (minimaal 4 jaar geleden) voedselarme condities zijn gecreëerd op voormalige landbouwgronden ten behoeve van schraallandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel (11 locaties) en geen (22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgronding, heeft plaatsgevonden. De soorten zijn verdeeld over vier klassen: Rode Lijstsoorten, Doelsoorten, Probleemsoorten en Algemene/overige soorten. Bron: Onderzoekcentrum B-WARE. Rechts: Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalland met onder ander Moeraskartelblad, Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blauwe knoop, Vetblad, Heidekartelblad, Gevlekte orchis, Welriekende nachtorchis, Brede orchis en Moeraswespenorchis door middel van het afgraven van de voedselrijke toplaag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's: 5.1.2e.

Figuur 21. Het uitstrooien van heideplagsel en het resultaat na vier jaar. Foto's: 5.1.2e Stichting Het Limburgs Landschap.

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel (Figuur 20 en Figuur 21) waarbij idealiter 1 m^2 vers verzameld maaisel over 1(-2) m^2 bodem wordt verspreid. Wanneer dit niet mogelijk is, kan het maaisel in een lagere dichtheid of in kleinere over het gebied verspreide zones worden opgebracht. Wanneer vers plagsel of bodemmateriaal (indicatie dichtheid: 1 m^2 verspreiden over 15-25 m^2) uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhiza schimmels) geïntroduceerd. Mycorrhiza schimmels zijn van belang bij de opname van nutriënten onder voedselarme omstandigheden. Daarnaast beschermen ze de kiemlingen tegen verdroging. Het aanbrengen van maaisel of plagsel op een dichte zode is geen geschikte maatregel door het ontbreken van vestigingsplekken. Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.



Figuur 22. Schematisch overzicht van verschraling waarbij in een kwelsituatie fosfaat uit een rijkere bodemlaag (>25 cm-mv) naar de verschraalde toplaag getransporteerd kan worden (middelste figuur). Bij bodems die vanaf 25 cm onder maaiveld P-arm zijn (linker figuur) en bij inzijgsituaties (rechter figuur) is dit niet van toepassing.

Door middel van verschralingsbeheer kan een bodempakket van circa 25(-30) cm worden verschraald. Op plekken waar de bodem onder de 25 cm eveneens verrijkt is met fosfaat kan,

wanneer de grondwaterinvloed in het maaiveld wordt hersteld (Figuur 22), P-nalevering richting de verschraalde bodemlaag optreden. Dit zou echter kunnen leiden tot verrijking van de toplaag en verruiging of de noodzaak voor aanvullende verschraling. Onder invloed van ijzerhoudend grondwater is dit risico mogelijk klein.

In paragraaf 4.7 wordt voor locatie 13 een eenmalige bekalking geadviseerd vanwege de calciumarme zure zandbodems. Als gevolg van verzuring (afname grondwaterinvloed en/of verzurende processen als ammoniumoxidatie) heeft uitspoeling van onder andere Ca, Mg en K plaatsgevonden waardoor er mineraalgebrek kan optreden in planten en er sprake kan zijn van aluminiumtoxiciteit (bij een hoge Al/Ca-ratio in het zoutextract). Het herstel van de buffering kan bijdragen aan de ontwikkeling van een soortenrijkere heide en/of heischraal grasland. Over het algemeen volstaat een eenmalige bekalking van 2000 kg Dolokal per hectare.

Uit onderzoek (De Graaf e.a., 2009) is tevens gebleken dat in soortenarme heideterreinen de kaliumconcentraties in het zoutextract lager zijn (mediane waarde (10-90 percentielen): 153 (88-380) µmol/kg) dan in soortenrijke heiden en heischrale graslanden (283 (110-872) µmol/kg). Uit de dataset van B-WARE zijn er indicaties dat toedienen van Dolokal het uitspoelen van K bespoedigt. Dit is ook niet onlogisch aangezien door oplossen van Ca- en Mg-carbonaten uit de Dolokal, de concentratie aan Ca^{2+} en Mg^{2+} ionen in het bodemvocht sterk toeneemt waardoor K^+ van het bodemcomplex wordt verdrongen. K-gebrek leidt niet alleen tot groeistoornissen (o.a. slechte doorworteling) maar induceert ook een stikstofoverschot in de plant en maakt deze daardoor gevoeliger voor vraat en ziekten. Het is daarom raadzaam om, in het geval van een K-arme bodem (globale richtlijn: K-NaCl < 250 µmol/l) ook een ander, relatief K-rijk, steenmeel toe te dienen (bijvoorbeeld Vulkamin). K-gebrek leidt niet alleen tot groeistoornissen (o.a. slechte doorworteling) maar induceert ook een stikstofoverschot in de plant en maakt deze daardoor gevoeliger voor vraat en ziekten. Dit verschijnsel treedt in de Maasduinen op bij Jeneverbes en Zomereik (Lucassen e.a., 2011, 2014 en 2015) en het is aannemelijk dat dit zo ook werkt bij kruiden. Op de locaties met een K-arme bodem (K-z < 250 µmol/l) en waar een eenmalige bekalking wordt geadviseerd, is het advies om te bekalken met 2000 kg Dolokal en 1000 kg K-rijk steenmeel (bijvoorbeeld Vulkamin) per hectare. Op locatie 13 is de kaliumconcentraties aan de lage kant (200-240 µmol K-z/l; Tabel 2), zodat de toepassing van zowel een Dolokal gift als een K-rijk steenmeel te overwegen is.

Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd. Voor grondwaterafhankelijke natuurtypen zoals heischrale graslanden, blauwgraslanden en dotterbloemhooilanden is grondwaterinvloed in de wortelzone of het maaiveld vereist van circa oktober/november t/m maart/april om verzuring, de vorming van regenwaterlenzen en de ontwikkeling van zure vegetaties (op kansrijke locaties voor (zwak) gebufferde schraallande/hooilanden) tegen te gaan. Op plekken waar regenwater stagneert kunnen veenmossen gaan domineren, vooral op gebufferde bodems omdat hier veel CO_2 beschikbaar komt. Tenslotte kan inundatie met P-rijk oppervlaktewater en/of de afzetting van P-rijk slib tot verrijking en daarmee tot verruiging leiden.

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 Belangrijkste conclusies

- De toplaag van de bouwvoor (0-15/20 cm-mv) is matig tot sterk verrijkt met fosfor (1924-5209 µmol Olsen-P/l bodem en 10,9-33,0 mmol totaal-P/l bodem. De bouwvoor is daarmee te fosfaatrijk voor de ontwikkeling van vochtig alluviale bos of vochtige heide. De berekende verschralingsduur via maaien en afvoeren tot een Olsen-P concentratie van 800 µmol/l varieert van ca. 20 tot 240 jaar (gemiddeld ca. 110 jaar).
- De geanalyseerde zandbodems zijn zwak tot matig ijzerhoudend (gemiddeld 37 mmol Fe-t/l bodem) en zwak tot matig calciumhoudend (gemiddeld 20 mmol Ca-t/l bodem en ± 6.500 µmol uitwisselbaar-Ca/l bodem).
- Direct onder de bouwvoor (dikte overwegend 25-35 cm) zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties vaak lager, maar de ontwikkeling van de beoogde natuurtypen (vochtig alluviaal bos of vochtige heide) is niet altijd mogelijk. Redenen hiervoor zijn dat de bodem tot op een te grote diepte verrijkt is met fosfaat of te zwak of juist te sterk gebufferd is.
- De toekomstige gemodelleerde grondwaterstanden lijken de ontwikkeling van natte natuurtypen als vochtig alluviaal bos of vochtige heide mogelijk te maken. Kanttekening daarbij is wel dat de gemodelleerde huidige grondwaterstanden op een aantal locaties sterk afwijkt (> 30 cm) van de uit het boorprofiel afgeleide grondwaterstanden. Vooral in deelgebied 2A wijken de huidige gemodelleerde waterstanden sterk af.
- Op een groot aantal locaties is het advies om de volledige bouwvoor van 35 cm te verwijderen. Indien 30 cm wordt afgegraven zal dit resulteren in een sterke verruiging van de vegetatie. Bij hoge grondwaterstanden neemt dan ook het risico op fosfaatmobilisatie toe, omdat door de hoge P-concentraties de Fe/P-ratio van de bodem vaak ongunstig is (< 5).

5.2 Aanbevelingen

- Na afgraving of het bereiken van de gewenste verschraling (na verwijdering van de dichte soortenarme zode) wordt geadviseerd maaisel en/of plagsel uit een referentieterrein op te brengen. Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (zowel bodemchemisch als mogelijk hydrologisch) te creëren voor de beoogde doelsoorten.
- De bodem op locatie 13 is zeer zuur en ongebufferd. Op deze locatie is het advies om een eenmalige bekalking te overwegen. Gezien de vrij lage kaliumconcentratie in de bodem op deze locatie is ook de toepassing van een kaliumrijk steenmeel (of een combinatie van beide) te overwegen.

6. LITERATUUR

Antheunisse, M. (2010) Analysedata bodemchemie Oude Strijper Aa. Waterschap de Dommel.

Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen (2016) Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad Natuur Bos Landschap* maart: 10-13.

Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.

De Becker, P. (2004) Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende Alno/Padion en Alnion incanae/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.

Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma (2005) OGOR Natuur in Noord-Brabant. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.

Graaf, M.C.C. de, R. Bobbink, N.A.C. Smits, R. van Diggelen & J.G.M. Roelofs (2009) Biodiversity, vegetation gradients and key geochemical processes in the heathland landscape. *Biological Conservation* **142**: 2191-2201.

Klimkowska, A., R. van Diggelen, J.P. Bakker & A.P. Grootjans (2007) Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* **140**: 318-328.

Lamers, L.P.M., E.C.H.E.T. Lucassen, A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2005) Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H_2O* **38** (17): 28-30.

Lucassen, E.C.H.E.T., A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2002) Potential sensitivity of mires to drought, acidification and mobilisation of heavy metals: the sediment S/(Ca+Mg) ratio as diagnostic tool. *Environmental Pollution* **120**: 635-646.

Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs (2009) Verpitrussing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* **110** (1): 43-46.

Lucassen, E.C.H.E.T., Loeffen, L., Popma, J., Verbaarschot, E., E. Remke, S, de Kort & J. Roelofs (2011) Bodemverzuring lijkt een sleutelrol te spelen in het verstoorde verjongingsproces van jeneverbes (*Juniperus communis*). *De Levende Natuur* **112** (6): 235-239.

Lucassen, E., Van den Berg, L., Aben, R., Smolders, A., Roelofs, R. & R. Bobbink (2014) Bodemverzuring en achteruitgang zomereik. *Landschap* **4**: 185-193.

Mullekom, M. van, A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.

Mullekom, M. van, F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs (2009) Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **6**: 2-7.

Mullekom, M. van & F. Smolders (2012) Bodemchemisch onderzoek Gooiermars. Onderzoek naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden op voormalige landbouwgronden. Rapport 2012.34, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M. Weijters, H.B.M. Tomassen, R. Bobbink, A.J.P. Smolders (2013) Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* **114**: 120-126.

60222 0011

Mullekom, M. van, A. Visscher & F. Smolders (2019) Bodemchemisch onderzoek plangebied Oude Strijper Aa met aanvullend advies 2018. Rapport RP-18.145.18.72. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Department of Agriculture* circular No. 939.

Oorschot, M. van (2020) Projectplan Waterwet. Realisatie NNB en habitats omgeving Oude Strijper Aa. Rapport BTL Advies, -s-Hertogenbosch.

Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006) De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **3**(4): 5-11.

Smolders, A., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen, & E. Brouwer (2009) Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* **110**: 33-38.

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2012) Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **1**: 12-15.

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2016) Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* **45**: 701-708.

Tomassen, H. & F. Smolders (2018) Grondwater- en bodemkwaliteit van alluviale bossen in het dal van de Oude Strijper Aa. Rapport: RP-17.134.18.20. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Tsiafouli, M.A., E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C. de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett, M.V. Brady, L. Bjornlund, H.B. Jørgensen, S. Christensen, T. D' Hertefeldt, S. Hotes, W.H.G. Hol, J. Frouz, M. Liiri, S.R. Mortimer, H. Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V. Wolters & K. Hedlund (2015) Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* **21**: 973-985.

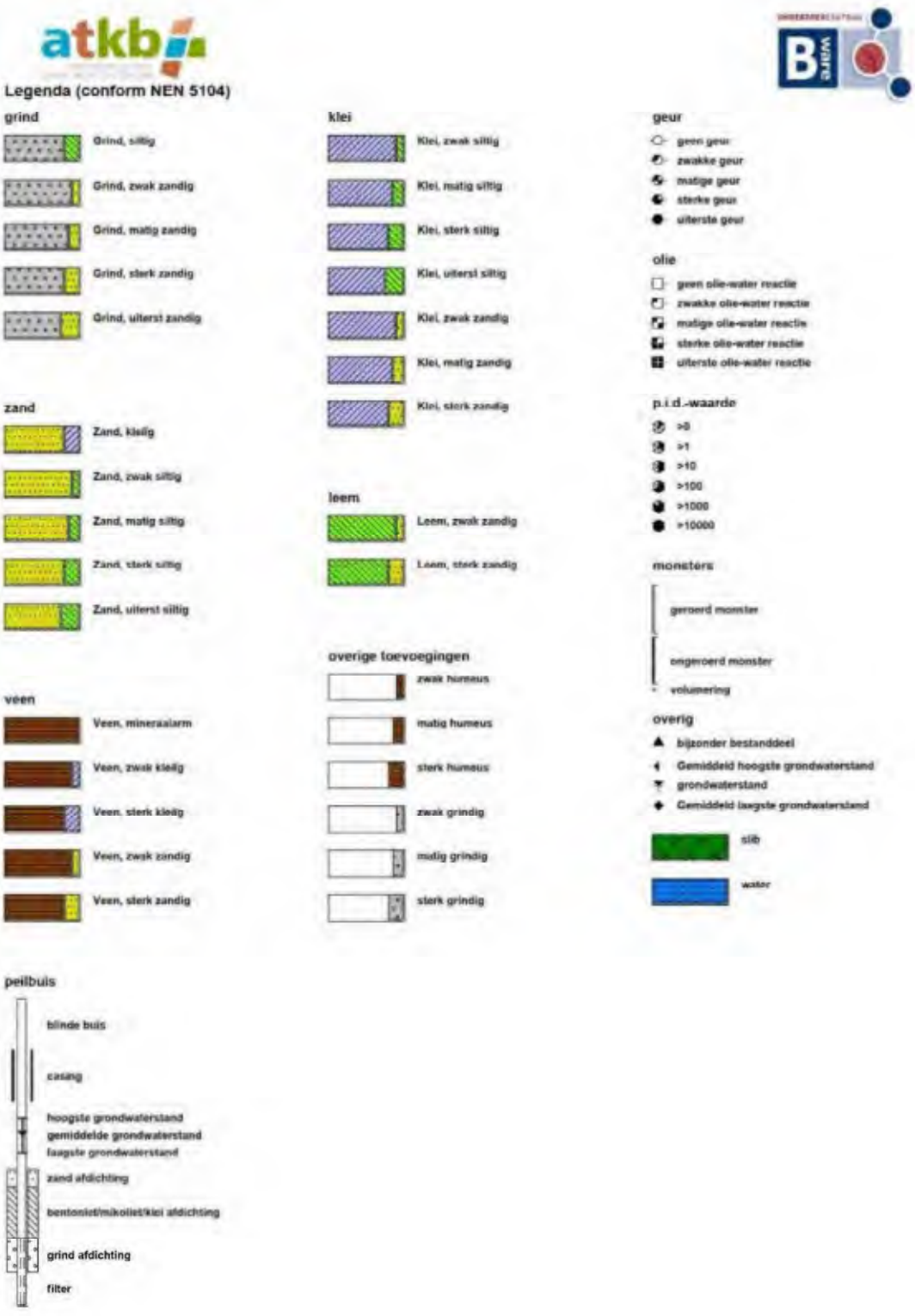
Visscher, A., M. van Mullekom, H. Tomassen & Fons Smolders (2019) Notitie vervolgstudie bodemchemisch onderzoek Oude Strijper Aa. Rapport 18.145.18.72, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

60222 0011

7. BIJLAGEN

Bijlage 1. Profielbeschrijvingen conform NEN5104 van de boorlocaties in het dal van de Oude Strijper Aa. Profielbeschrijvingen zijn opgesteld door ATKB (boormeester: 5.1.2e).

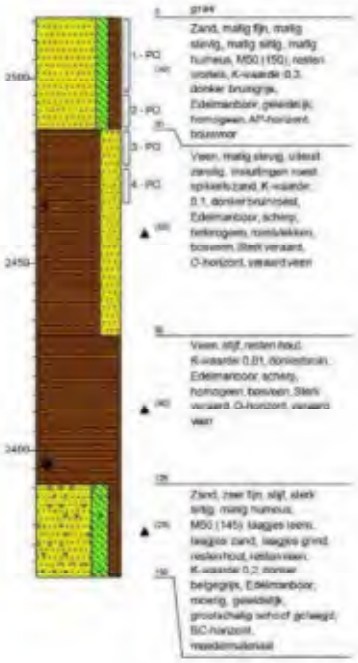
Legenda:



Boring: 01

X:	165807,31
Y:	370743,69
Datum:	29-7-2020
Bouwmeester:	S.T.Ze.
GWS:	0m
GHG:	50
GLG:	120

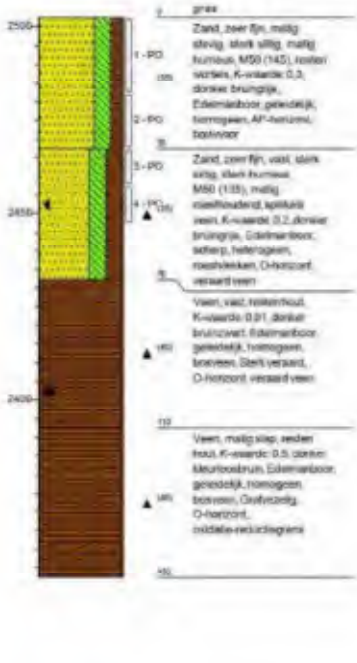
RTK, fixed integers
N.A.P.: 25,16



Boring: 02

X:	165741,12
Y:	370660,59
Datum:	29-7-2020
Bouwmeester:	S.T.Ze.
GWS:	100
GHG:	50
GLG:	100

RTK, fixed integers
N.A.P.: 25,024



Projectcode: PR-20.119

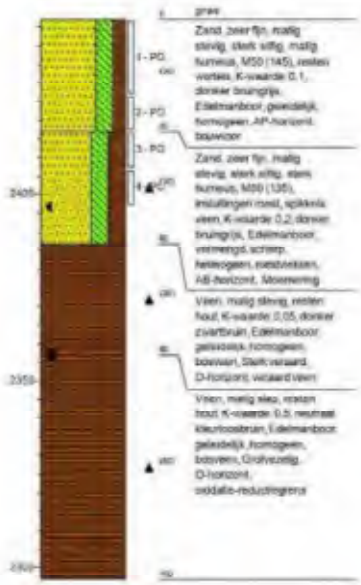
Opdrachtgever: Bware

Projectnaam: Oude strijper Aa

Boring: 03

X:	165645.53
Y:	379933.17
Datum:	29-7-2020
Boormeester:	S.T.Ze
GME:	30
GHG:	50
GLG:	95

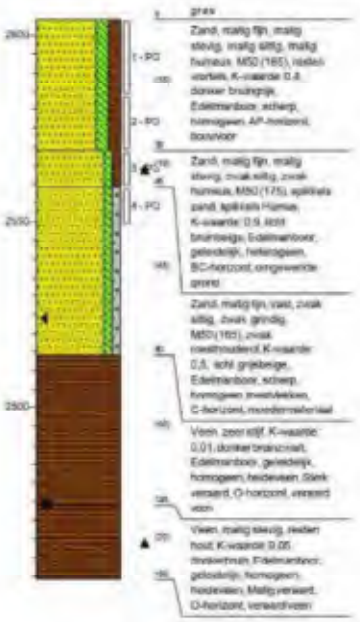
RTK,float integers
N.A.P.: 24.465



Boring: 04

X:	164596.80
Y:	379900.94
Datum:	29-7-2020
Boormeester:	S.T.Ze
GME:	130
GHG:	80
GLG:	130

RTK,fixed integers
N.A.P.: 25.04



Projectcode: PR-20.119

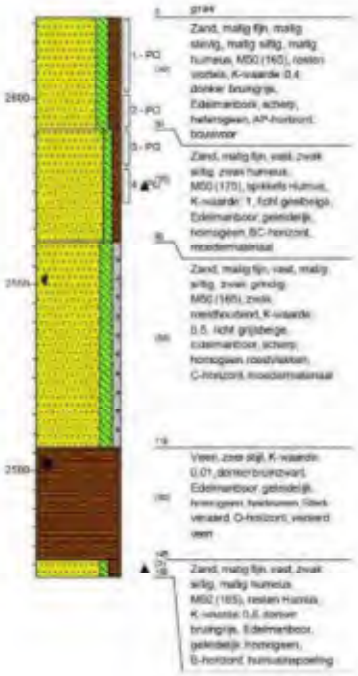
Projectnaam: Oude strijper Aa

Opdrachtgever: Bware

Boring: 05

X:	164511.26
Y:	389570.45
Datum:	29-7-2020
Bovenmaaiveld:	5.1 (NAP)
GWS:	120
GHG:	70
GLG:	120

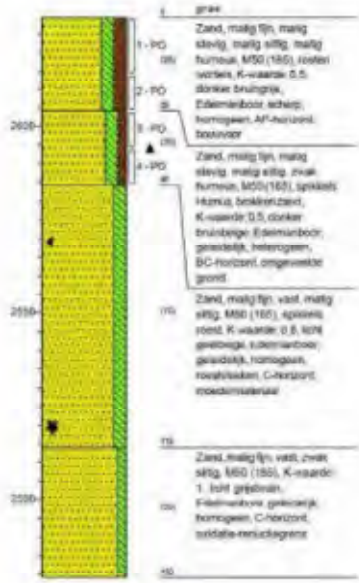
RTK, fixed integers
N.A.P. 26.215



Boring: 06

X:	164647.94
Y:	389384.15
Datum:	29-7-2020
Bovenmaaiveld:	5.1 (NAP)
GWS:	110
GHG:	80
GLG:	110

RTK, fixed integers
N.A.P. 26.282



Projectcode: PR-20.119

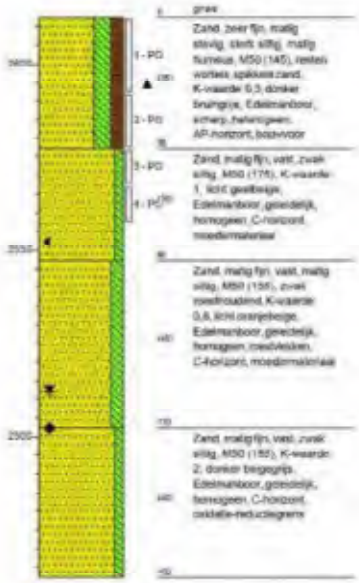
Opdrachtgever: Bware

Projectnaam: Oude strijper Aa

Boring: 07

X:	184484,11
Y:	369018,40
Datum:	29-7-2020
Boormeester:	S.T. Ze.
GWS:	100
GHG:	80
GLG:	110

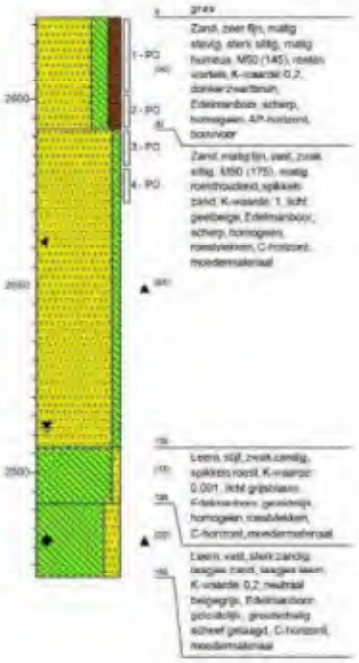
RTK, fixed integers
N.A.P. 26,125



Boring: 08

X:	184391,02
Y:	369291,50
Datum:	29-7-2020
Boormeester:	S.T. Ze.
GWS:	110
GHG:	80
GLG:	140

RTK, fixed integers
N.A.P. 26,219



Projectcode: PR-20.119

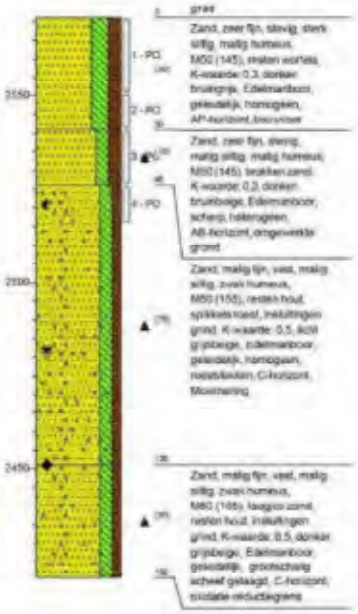
Projectnaam: Oude strijper Aa

Opdrachtgever: Bware

Boring: 09

X:	164787,59
Y:	369456,46
Datum:	29-7-2020
Bloemmeester:	S.T.28
GWS:	50
GHG:	50
GLG:	120

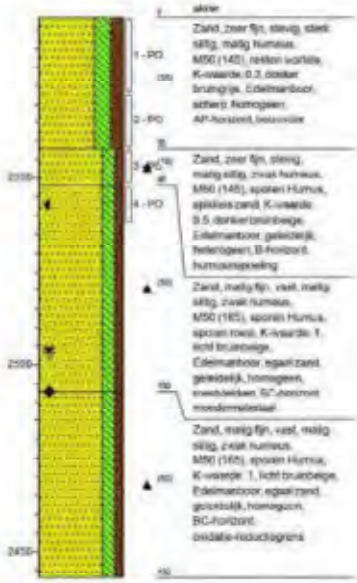
RTK, fixed integers
N.A.P. 25.71



Boring: 10

X:	164726,60
Y:	369333,79
Datum:	29-7-2020
Bloemmeester:	S.T.24
GWS:	50
GHG:	50
GLG:	100

RTK, fixed integers
N.A.P. 25.93



Projectcode: PR-20.119

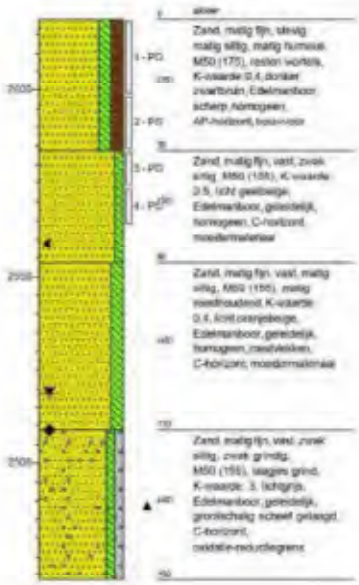
Projectnaam: Oude strijper Aa

Opdrachtgever: Bware

Boring: 11

X:	164594,84
Y:	388258,57
Datum:	29-7-2020
Boormeester:	S.T.Zw.
GWS:	100
GHG:	80
GLG:	110

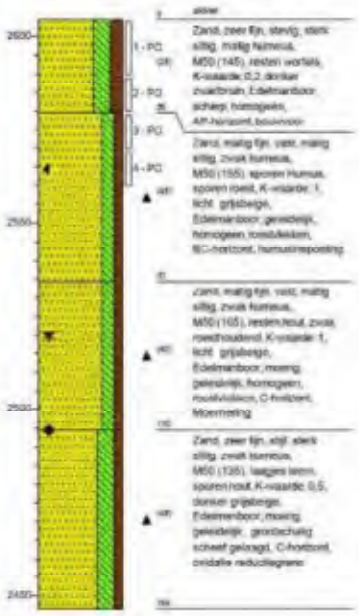
RTK, fixed integers
N.A.P.: 26.189



Boring: 12

X:	164674,83
Y:	388153,93
Datum:	29-7-2020
Boormeester:	S.T.Zw.
GWS:	85
GHG:	40
GLG:	110

RTK, fixed integers
N.A.P.: 26.044



Projectcode: PR-20.119

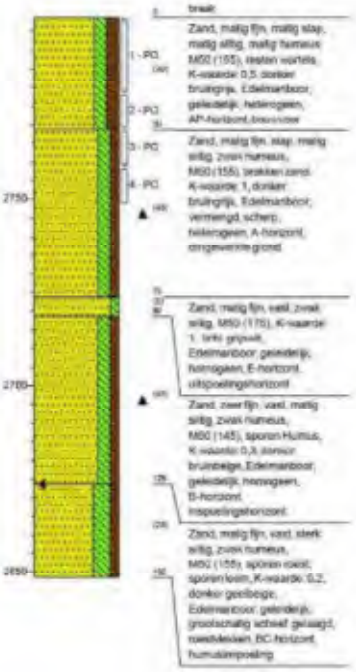
Opdrachtgever: Bware

Projectnaam: Oude strijper Aa

Boring: 13

X: 165109.00
Y: 368005.51
Datum: 30-7-2020
Bovenmeter: -0.1/-2.6
GHG: 135

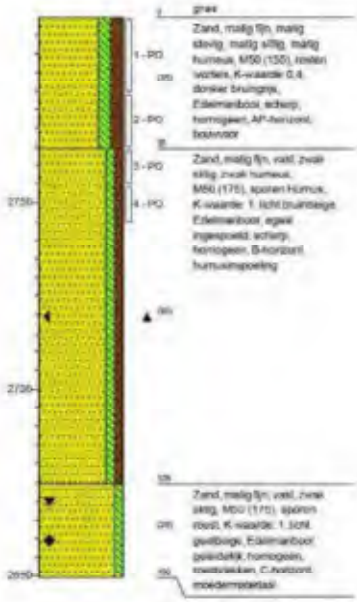
RTK, fixed integers
N.A.P.: 27.397



Boring: 14

X: 164926.57
Y: 367757.14
Datum: 30-7-2020
Bovenmeter: -0.1/-2.6
GWS: 130
GHG: 80
GLG: 140

RTK, fixed integers
N.A.P.: 27.388



Projectcode: PR-20.119

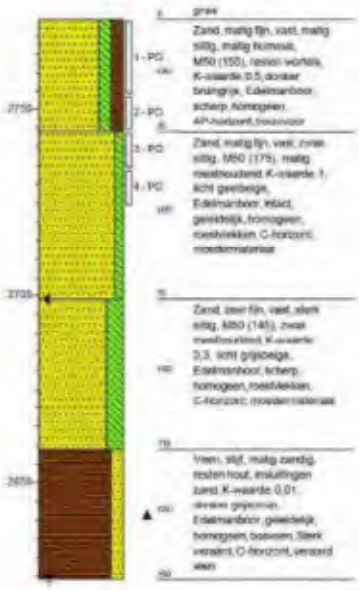
Projectnaam: Oude strijper Aa

Opdrachtgever: Bware

Boring: 15

X: 164840,40
Y: 367510,60
Datum: 30-7-2020
Boormeester: S.T.Ze
GWS: 150
OHG: 70

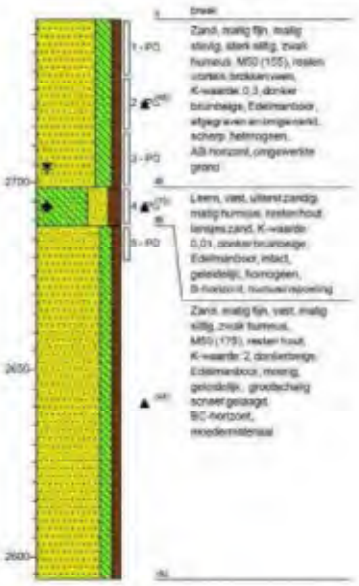
RTK_fixed integers
N.A.P.: 27,741



Boring: 16

X: 164845,24
Y: 367267,08
Datum: 30-7-2020
Boormeester: S.T.Ze
GWS: 40
OHG: 0
OLO: 80

RTK_fixed integers
N.A.P.: 27,435



Projectcode: PR-20.119

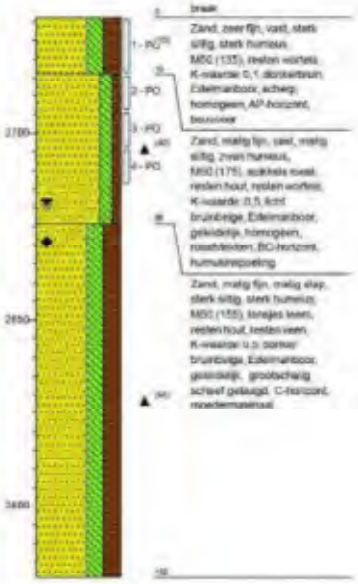
Opdrachtgever: Bware

Projectnaam: Oude strijper Aa

Boring: 17

X:	194921,37
Y:	367240,42
Datum:	30-7-2020
Voormeester:	S. Y. Zo
GWS:	10
GHG:	0
GLG:	80

RTK, hoedintegers
N.A.P. 27,300



Projectcode: PR-20.119 **Opdrachtgever: Bware**

Projectnaam: Oude strijper Aa

Bijlage 2. Aanvullend kaartmateriaal (topografische kaart, luchtfoto, hoogtekaart en bodemkaart) van de boorlocaties (incl. locaties uit 2010, 2016 en 2018) per deelgebied in het dal van de Oude Strijper Aa.

Deelgebied 1

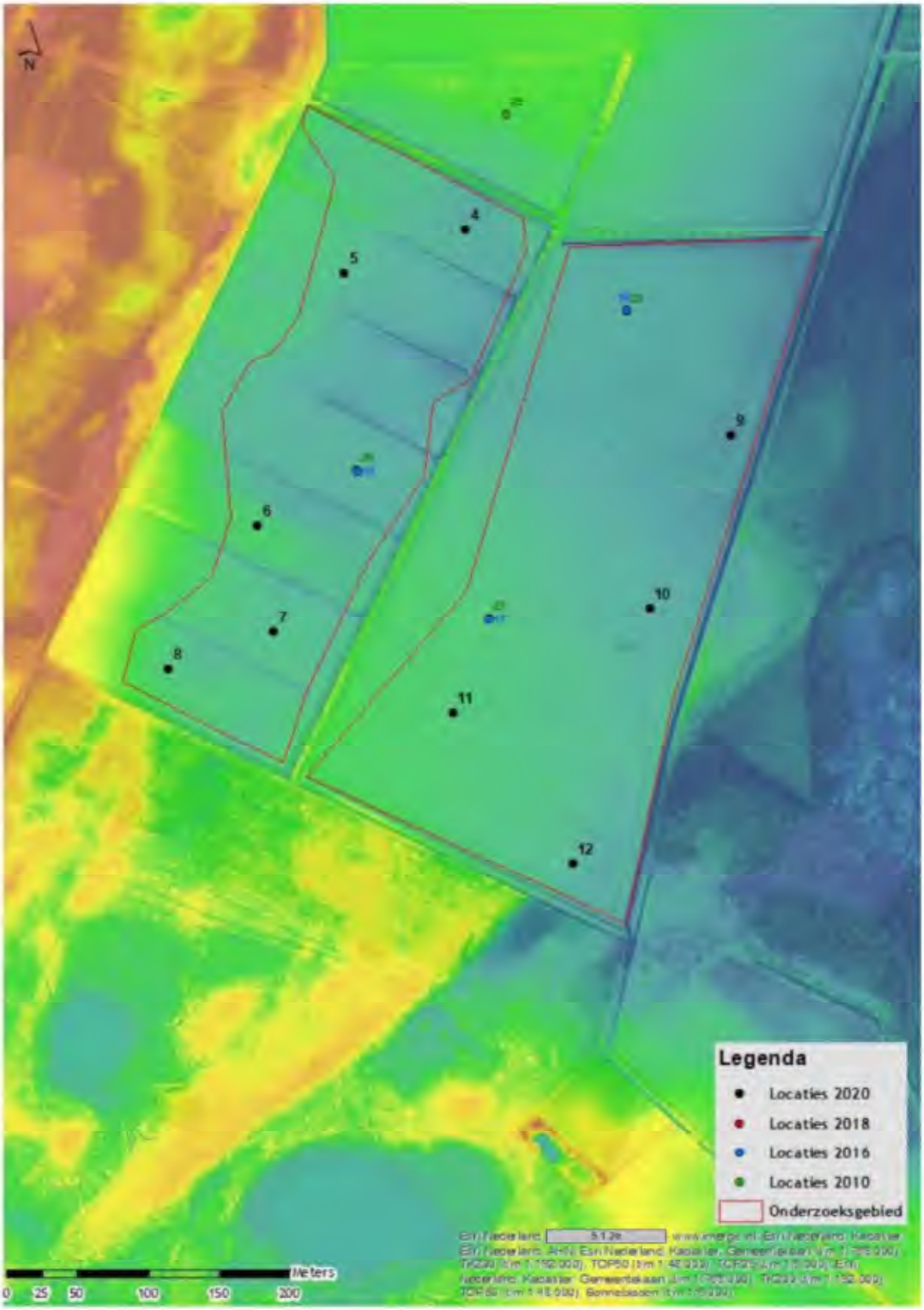
1
2
3
Legenda
Locaties 2020
Locaties 2018
Locaties 2016
Locaties 2010
Onderzoeksgebied
Meters
0
25
50
100
150
200

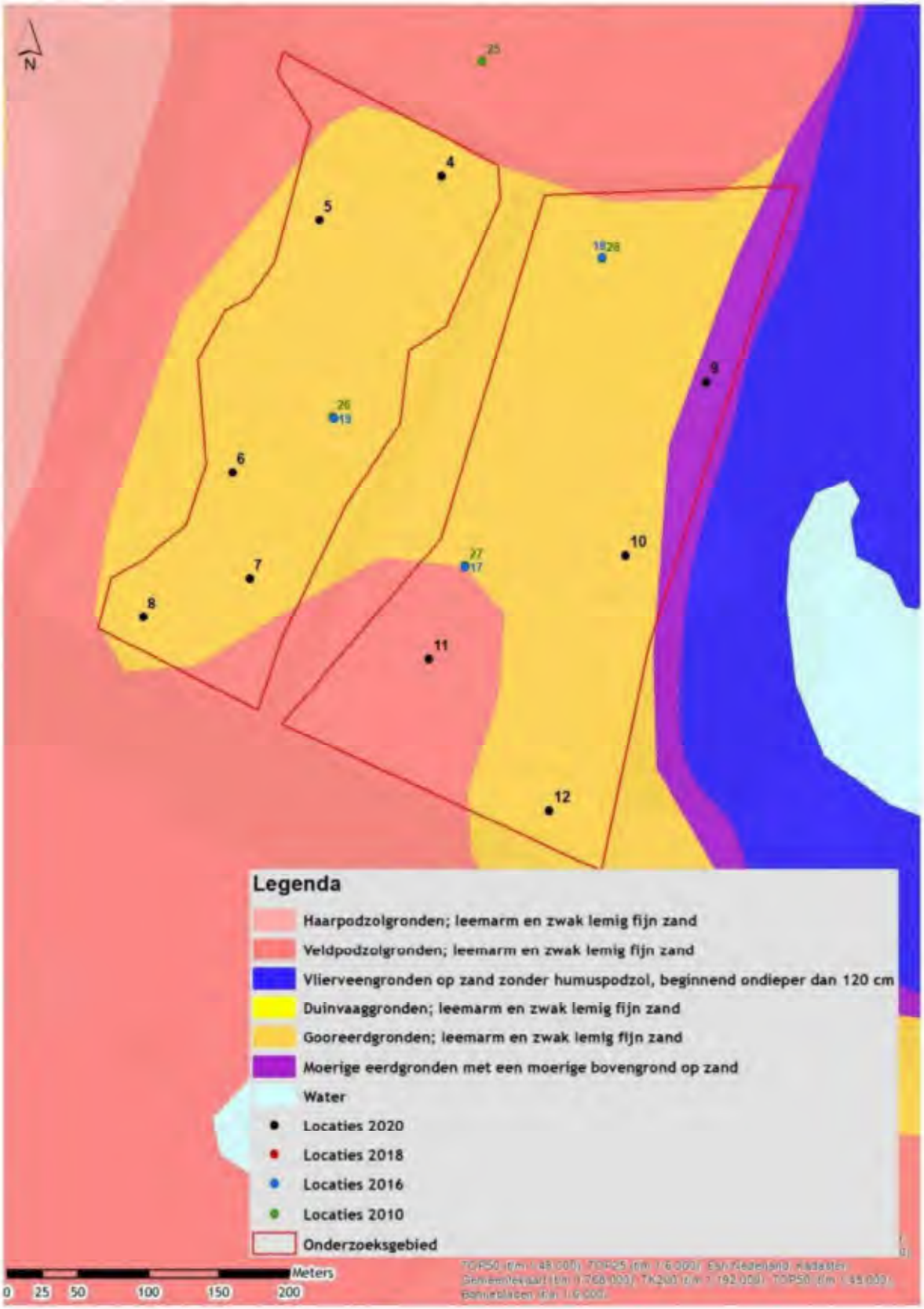
Legenda
Locaties 2020
Locaties 2018
Locaties 2016
Locaties 2010
Onderzoeksgebied
Meters
0
25
50
100
150
200

N
1
2
3
Legenda
Lage enkeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
Vlierveengronden op zand zonder humuspodzol, beginnend ondieper dan 120 cm
Gooreerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
Locaties 2020
Locaties 2018
Locaties 2016
Locaties 2010
Onderzoeksgebied
Meters
0
25
50
100
150
200

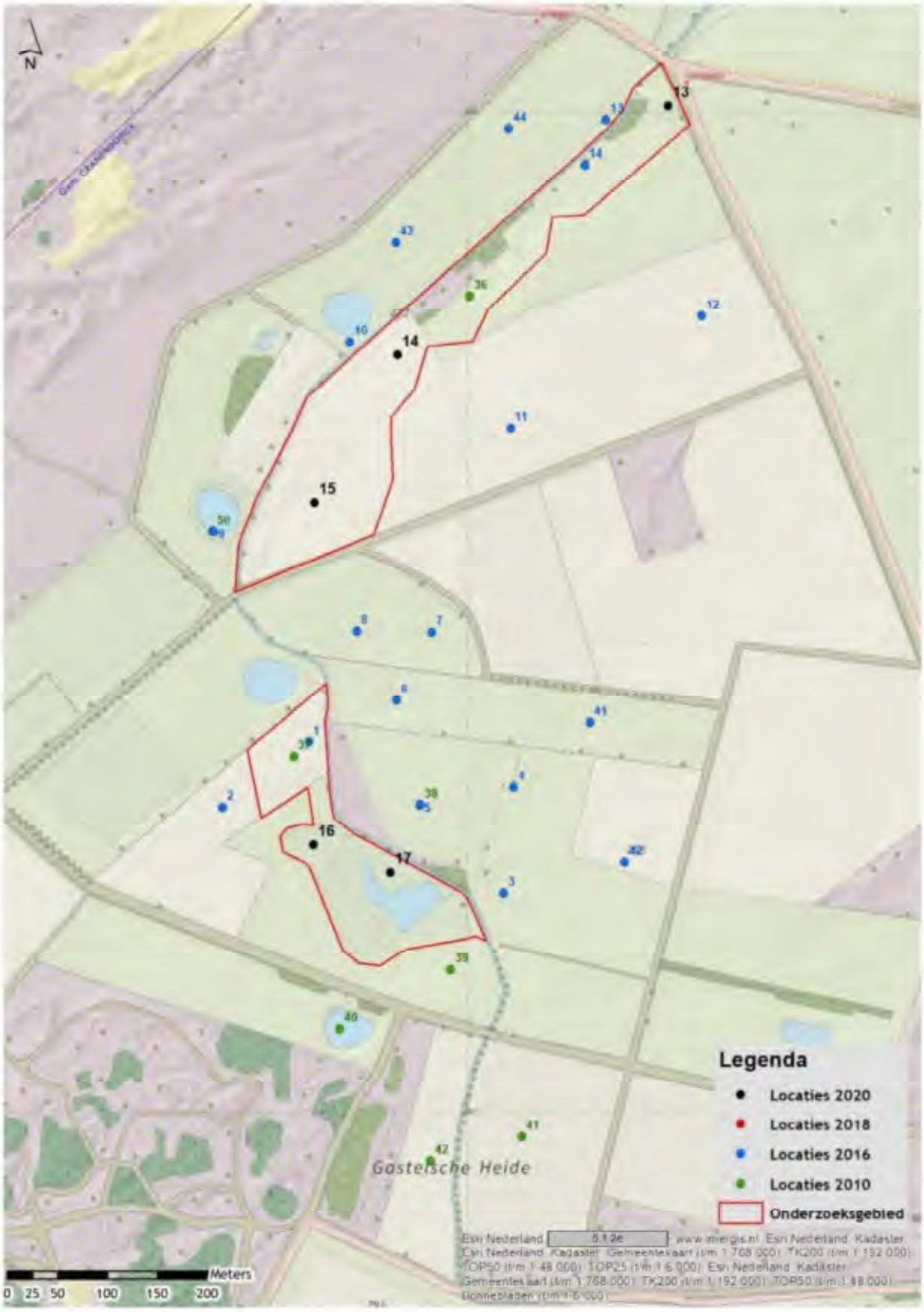
Deelgebied 2:

4
5
6
7
8
9
10
11
12
Legenda
Locaties 2020
Locaties 2018
Locaties 2016
Locaties 2010
Onderzoeksgebied
Meters
0
25
50
100
150
200

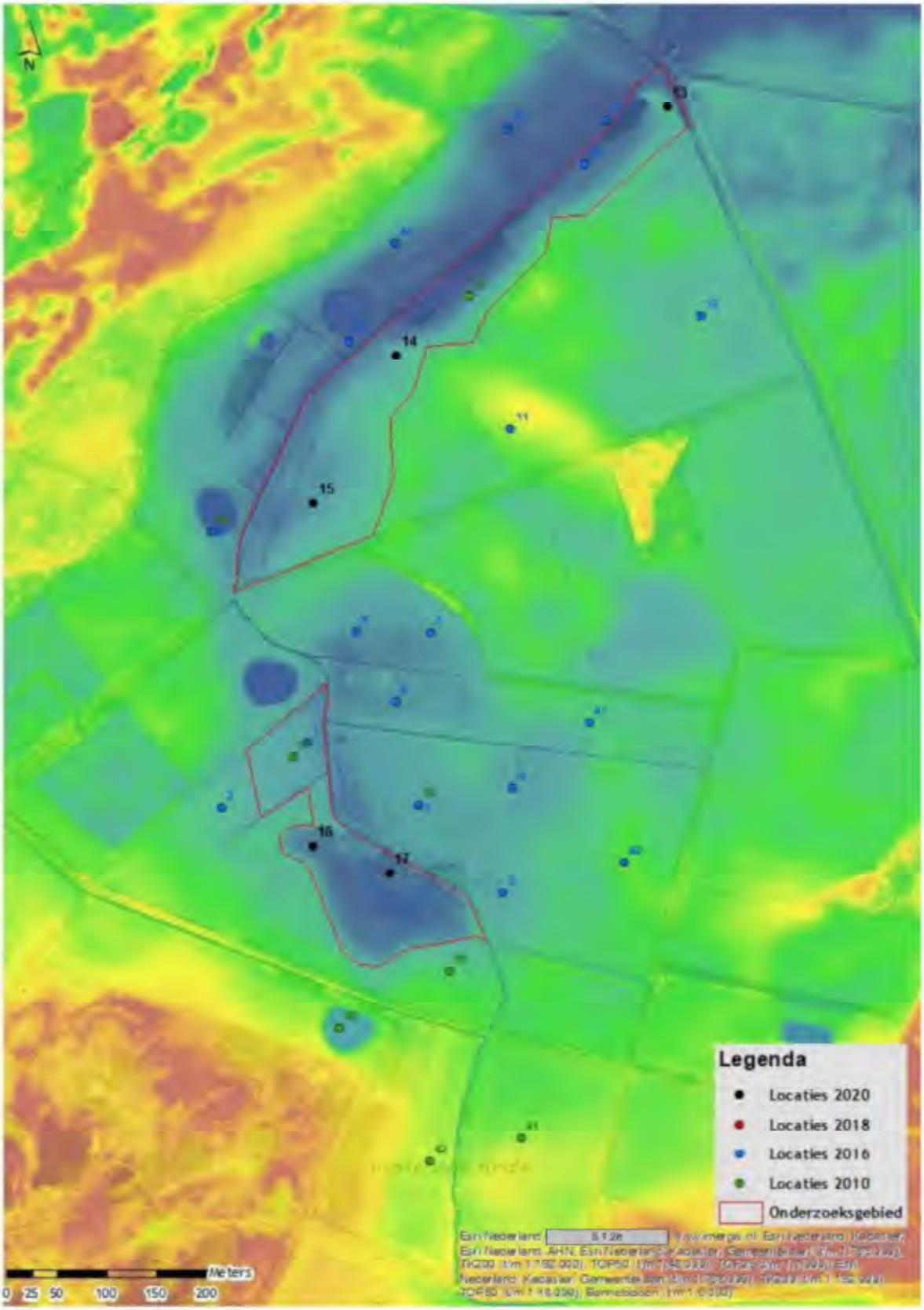

N
4
5
6
7
8
9
10
11
12
Legenda
Locaties 2020
Locaties 2018
Locaties 2016
Locaties 2010
Onderzoeksgebied
Meters
0 25 50 100 150 200

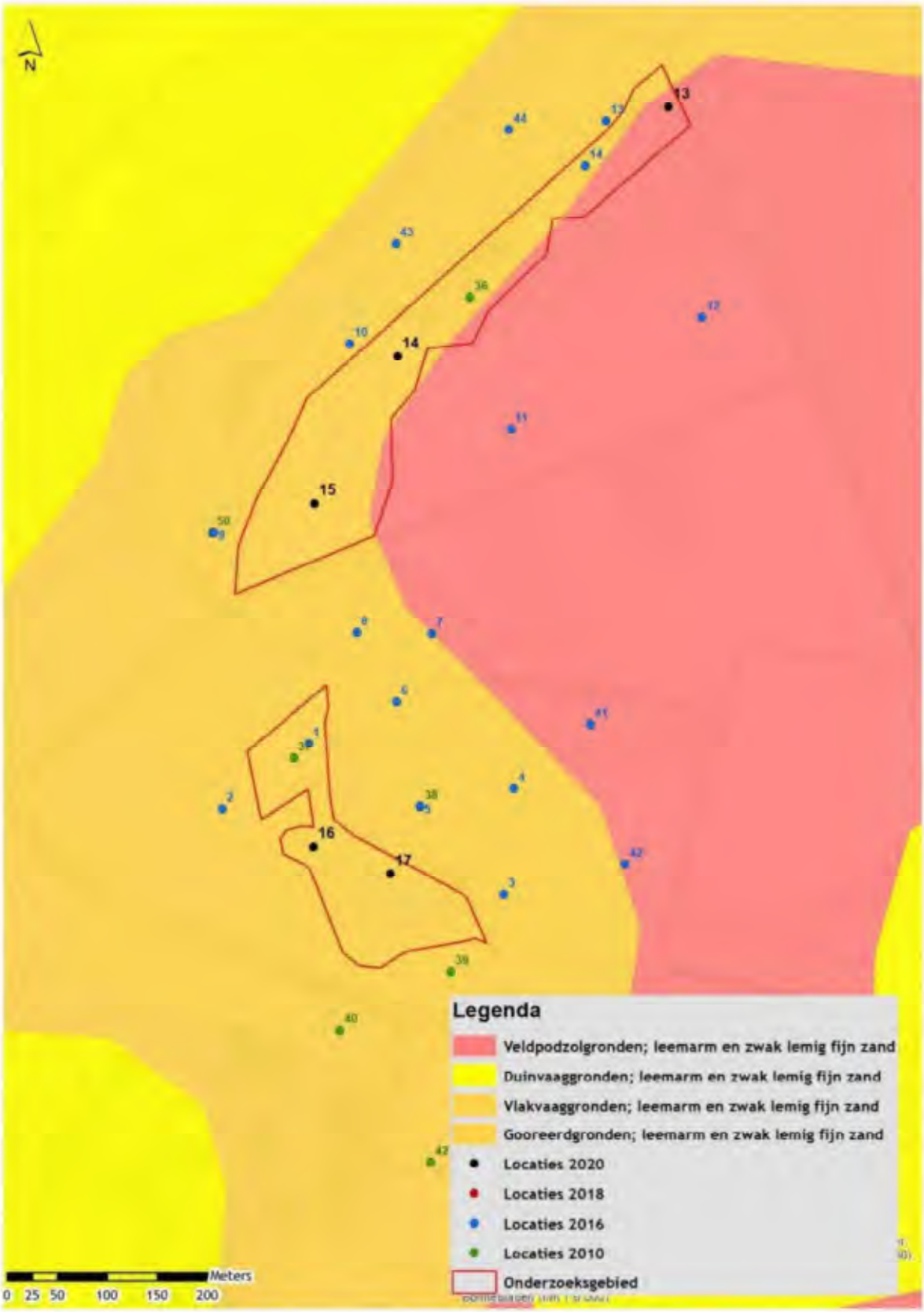

N
25
4
5
18
28
9
26
19
6
10
27
17
7
8
11
12
Legenda
Haarpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
Veldpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
Vlierveengronden op zand zonder humuspodzol, beginnend ondieper dan 120 cm
Duinvaaggronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
Gooreerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
Moerige eerdgronden met een moerige bovengrond op zand
Water
Locaties 2020
Locaties 2018
Locaties 2016
Locaties 2010
Onderzoeksgebied
Meters
0 25 50 100 150 200

Deelgebied 3:



N
13
14
15
16
17
Legenda
Locaties 2020
Locaties 2018
Locaties 2016
Locaties 2010
Onderzoeksgebied
Meters
0 25 50 100 150 200


N
14
11
15
16
17
41
Legenda
Locaties 2020
Locaties 2018
Locaties 2016
Locaties 2010
Onderzoeksgebied
Meters
0 25 50 100 150 200


N
13
14
15
16
17
Legenda
Veldpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
Duinvaaggronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
Vlakvaaggronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
Gooreerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
Locaties 2020
Locaties 2018
Locaties 2016
Locaties 2010
Onderzoeksgebied
Meters
0 25 50 100 150 200

www.b-ware.eu

BemestingsWijzer
Grasland
staatsbosb. 5

Uw klantnummer: 8957924

Provincie Overijssel
Eenheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E 5.1.2e @eurofins.com
I www.eurofins-agro.com

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
	749871/005364686	07-04-2021	14-04-2021
	inkoopd.4500018209		

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	2420	1460 - 2130					
	C/N-ratio		12	13 - 17					
	N-leverend vermogen	kg N/ha	140	95 - 145					
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	6	20 - 30					
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	480	265 - 370					
	C/S-ratio		61	50 - 75					
	S-leverend vermogen	kg S/ha	13	20 - 30					
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	2,2	2,9 - 4,2					
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	150	155 - 225					
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	40	100 - 140					
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	70	90 - 145					
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	10	95 - 220					
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	800	685 - 1030					
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	140	115 - 175					
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	160	50 - 155					
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	< 10	65 - 115					
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	20	30 - 45					
Fysisch	Zuurgraad (pH)		5,1	5,0 - 5,7					
	C-organisch	%	2,2						
	Organische stof	%	4,2						
	C/OS-ratio		0,52	0,45 - 0,55					
	Koolzure kalk	%	0,2	2,0 - 3,0					
	Klei (<2 µm)	%	2						
	Silt (2-50 µm)	%	12						
	Zand (>50 µm)	%	82						
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	50	> 51					
	CEC-bezetting	%	85	> 95					
	Ca-bezetting	%	61	75 - 85					
	Mg-bezetting	%	20	6,0 - 10					
	K-bezetting	%	2,8	2,0 - 5,0					
	Na-bezetting	%	1,2	1,0 - 1,5					
	H-bezetting	%	0,2	< 1,0					
	Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0					

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0				
Verslemping	rapportcijfer	7,8	6,0 - 8,0				

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch	Vochthoudend vermogen	mm	20						
	Microbiële biomassa	mg C/kg	675	210 - 630					
	Microbiële activiteit	mg N/kg	114	125 - 175					
	Schimmel/bacterie-ratio		0,7	0,7 - 1,0					

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 26	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-$CaCl_2$)	= 1,7	mg P/kg
Pw-getal	= 26	mg P_2O_5/l

Hoekpunten perceel: 269364 487799, 269361 487890, 269289 487891, 269290 487793, 269364 487799

Vanwege ruimtegebrek is het mogelijk dat niet alle coordinaten van de vastgelegde hoekpunten van het perceel op dit verslag zijn weergegeven. Deze zijn echter wel opgeslagen in onze database.

staatsbosb. 5

Advies **Stikstof (N)** **2021 t/m 2024**

	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	345	zeer licht weiden	< 1000	53	14	11	11	13	12	12
		licht weiden	1000 - 1500	74	21	31	31	29	26	23
		normaal weiden	1500 - 2000	90	48	49	49	42	36	32
		licht maaien	2000 - 2500	104	71	64	64	52	43	
		normaal maaien	2500 - 3000	114	93	77	77	59		
		zwaar maaien	> 3000	120	111	87	87			
		standweiden		74	-	52	40	42	32	32

				2021		2022 t/m 2024	
		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	0 (2e snede)	35	0 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		20	0	25	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		20	0	25	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	20	20 (3e maaien)	25	20
		normaal maaien	> 2500	20	25 (3e maaien)	25	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		100	15 (eenmalig)	100	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		100	85 (eenmalig)	100	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	140	70	140	70
		normaal maaien	> 2500	180	100	180	100

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	120	120	120	120

			2021		2022 t/m 2024	
	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)		25	25 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)		20	20 (eenmalig)	20	20 (eenmalig)

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	320	-	-	-
		Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 105			

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	0
	Calcium (CaO)	eenmalig	350
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
De P-buffering is 15 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 13

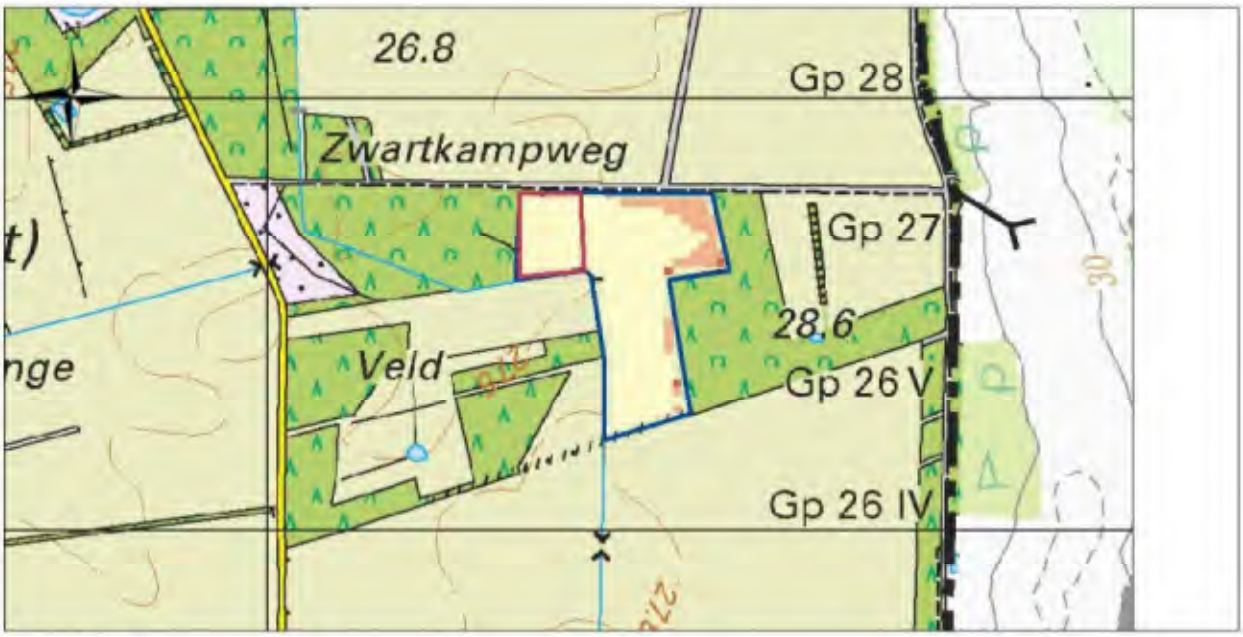
Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

staatsbosb. 5

Bontheid



Legenda

Schaal: 1:5,000

Bodemscout

Gewasproductie

- Boven gemiddeld
- Gemiddeld
- Onder gemiddeld

Percelen

- Bemonsterd perceel
- Gewasperceel
- Perceelsvlak
- Bodemscoutvlak

Datum: 09-04-2021 Tijd: 16:53:58

BodemScout toont - gebaseerd op 9 jaar satellietbeelden - de structurele verschillen binnen een gewasperceel; waar deed het gewas het gemiddeld beter en waar slechter? Geeft de BodemScout aan dat uw perceel heel heterogeen is, dan kunt u eerst onderzoeken waardoor de verschillen veroorzaakt worden (zoals structuur, vochtbinding, (schadelijk) bodemleven, tekort aan nutriënten, pH-toestand) en vervolgens uw management aanpassen aan deze informatie.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Organische stof

Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 3,0

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Netto toename van effectieve organische stof.

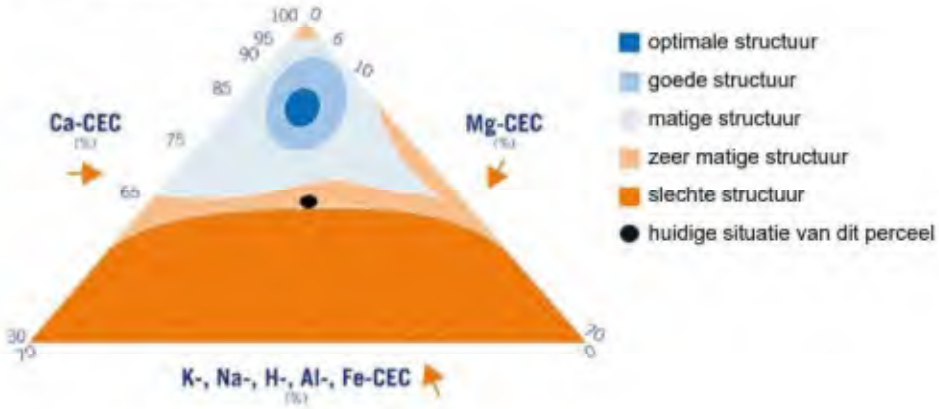
Figuur: Kwaliteit van de organische stof

Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek



staatsbosb. 5

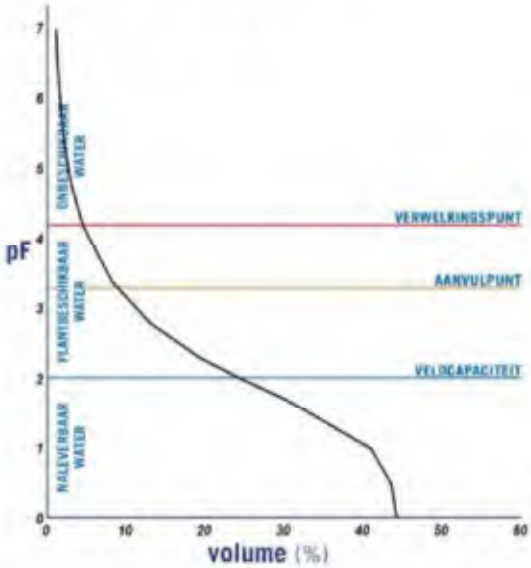
Fysisch

Figuur: Textuurdriehoek

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 20 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 9,0 % vocht zit en geef dan 16 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, 5.1.2e
Contactpersoon monstername:	5.1.2e : 5.1.2e
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Precisiemonster, <1 ha

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

Methode		Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse resultaten	N-totale bodemvoorraad	1840	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	S-plantbeschikbaar	4,5	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
	S-totale bodemvoorraad	365	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	P-plantbeschikbaar	1,7	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	P-bodemvoorraad	26	mg P_2O_5/100 g	PAL1: Gw NEN 5793	Q
	K-plantbeschikbaar	29	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	K-bodemvoorraad	1,4	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-plantbeschikbaar	0,1	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-bodemvoorraad	33	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Mg-plantbeschikbaar	107	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Mg-bodemvoorraad	9,9	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Na-plantbeschikbaar	< 6	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Na-bodemvoorraad	0,6	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Zuurgraad (pH)	5,1		Em: NIRS (TSC®)	
	C-organisch	2,2	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	Organische stof	4,2	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	C-anorganisch	0,03	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Koolzure kalk	0,2	%		
	Klei (<2 µm)	2	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Silt (2-50 µm)	12	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Zand (>50 µm)	82	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei-humus (CEC)	50	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële biomassa	675	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële activiteit	114	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Schimmel biomassa	172	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Bacteriële biomassa	253	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform
P-bodemvoorraad Deze analyse is in duplo uitgevoerd.

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
Het monster is geanalyseerd in het Eurofins Agro laboratorium in Wageningen, tenzij anders is vermeld.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 08-04-2021

BemestingsWijzer
Grasland
staatsbosb. 7

Uw klantnummer: 8957924

Provincie Overijssel
Eenheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E 5.1.2e @eurofins.com
I www.eurofins-agro.com

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
	749870/005364686	07-04-2021	14-04-2021
	inkoopd.4500018209		

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	2390	1450 - 2120					
	C/N-ratio		12	13 - 17					
	N-leverend vermogen	kg N/ha	140	95 - 145					
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	5	20 - 30					
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	440	260 - 365					
	C/S-ratio		67	50 - 75					
	S-leverend vermogen	kg S/ha	12	20 - 30					
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	0,3	2,9 - 4,2					
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	35	155 - 220					
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	35	100 - 140					
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	90	80 - 130					
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	30	95 - 220					
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	435	495 - 740					
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	35	115 - 175					
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	100	40 - 140					
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	5	65 - 110					
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	15	30 - 45					
Fysisch	Zuurgraad (pH)		4,1	5,0 - 5,7					
	C-organisch	%	2,3						
	Organische stof	%	4,4						
	C/OS-ratio		0,52	0,45 - 0,55					
	Koolzure kalk	%	0,2	2,0 - 3,0					
	Klei (<2 µm)	%	2						
	Silt (2-50 µm)	%	8						
	Zand (>50 µm)	%	85						
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	36	> 53					
	CEC-bezetting	%	70	> 95					
	Ca-bezetting	%	46	75 - 85					
	Mg-bezetting	%	18	6,0 - 10					
	K-bezetting	%	5,0	2,0 - 5,0					
	Na-bezetting	%	1,4	1,0 - 1,5					
	H-bezetting	%	2,5	< 1,0					
	Al-bezetting	%	27	< 1,0					

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0				
Verslemping	rapportcijfer	7,9	6,0 - 8,0				

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch	Vochthoudend vermogen	mm	19						
	Microbiële biomassa	mg C/kg	516	220 - 660			■		
	Microbiële activiteit	mg N/kg	81	125 - 175		■			
	Schimmel/bacterie-ratio		0,1	0,7 - 1,0	■				

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

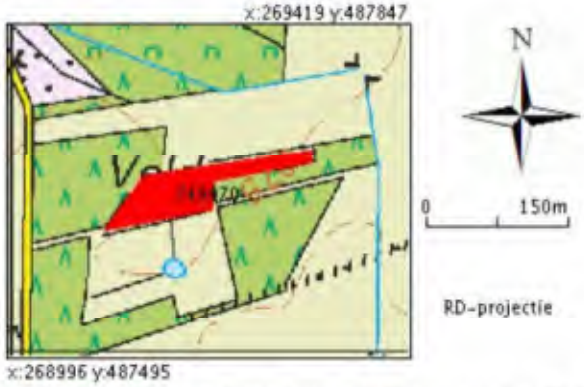
Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 6	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-$CaCl_2$)	= 0,2	mg P/kg
Pw-getal	= 5	mg P_2O_5/l

Oostelijk Veehouderijgebied



Hoekpunten perceel: 269214 487649, 269214 487680, 269319 487700, 269317 487714, 269139 487687, 269096 487626, 269214 487649

Vanwege ruimtegebrek is het mogelijk dat niet alle coordinaten van de vastgelegde hoekpunten van het perceel op dit verslag zijn weergegeven. Deze zijn echter wel opgeslagen in onze database.

staatsbosb. 7

Advies	Stikstof (N)			2021 t/m 2024						
	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	345	zeer licht weiden	< 1000	53	14	11	11	13	12	12
		licht weiden	1000 - 1500	74	21	31	31	29	26	23
		normaal weiden	1500 - 2000	90	48	49	49	42	36	32
		licht maaien	2000 - 2500	104	71	64	64	52	43	
		normaal maaien	2500 - 3000	114	93	77	77	59		
		zwaar maaien	> 3000	120	111	87	87			
		standweiden		74	-	52	40	42	32	32

				2021		2022 t/m 2024	
		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	0 (2e snede)	35	0 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		95	10 (eenmalig)	95	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		95	20 (eenmalig)	95	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	95	20	95	20
		normaal maaien	> 2500	95	25	95	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		100	15 (eenmalig)	100	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		100	85 (eenmalig)	100	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	140	70	140	70
		normaal maaien	> 2500	180	100	180	100

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	120	120	120	120

			2021		2022 t/m 2024	
	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)		100	100 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)		5	5 (eenmalig)	5	5 (eenmalig)

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	1440	-	-	-
		Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 110			

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	0
	Calcium (CaO)	eenmalig	450
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
Als na toediening van dierlijke mest nog 20 tot 25 kg fosfaat voor de eerste snede nodig is, dan kunt u deze aanvulling met kunstmest om praktische redenen achterwege laten. Tel de 'te weinig' gegeven fosfaat op bij de gift voor de volgende snede.
De P-buffering is 30 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 12

Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

Magnesium:
Magnesium (Mg) is van belang voor opbrengst van gras, maar de Mg-voorziening moet tevens in orde zijn om het risico op kopziekte te voorkomen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.
Op blijvend grasland moet u bij voorjaarsaanwending de kalkgift over twee jaren verdelen.
Als de te lage kalktoestand gepaard gaat met een slechte graszode, is herinzaai de beste methode om tot een snelle verbetering te komen.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

staatsbosb. 7

Bontheid

Schaal: 1:5,000

Legenda

Bodemscout

Gewasproductie

- Boven gemiddeld
- Gemiddeld
- Onder gemiddeld

Percelen

- Bemonsterd perceel
- Gewasperceel
- Perceelsvlak
- Bodemscoutvlak

Datum: 09-04-2021 Tijd: 16:54:29

BodemScout toont - gebaseerd op 9 jaar satellietbeelden - de structurele verschillen binnen een gewasperceel; waar deed het gewas het gemiddeld beter en waar slechter? Geeft de BodemScout aan dat uw perceel heel heterogeen is, dan kunt u eerst onderzoeken waardoor de verschillen veroorzaakt worden (zoals structuur, vochtbinding, (schadelijk) bodemleven, tekort aan nutriënten, pH-toestand) en vervolgens uw management aanpassen aan deze informatie.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Organische stof

Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 2,9

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Netto toename van effectieve organische stof.

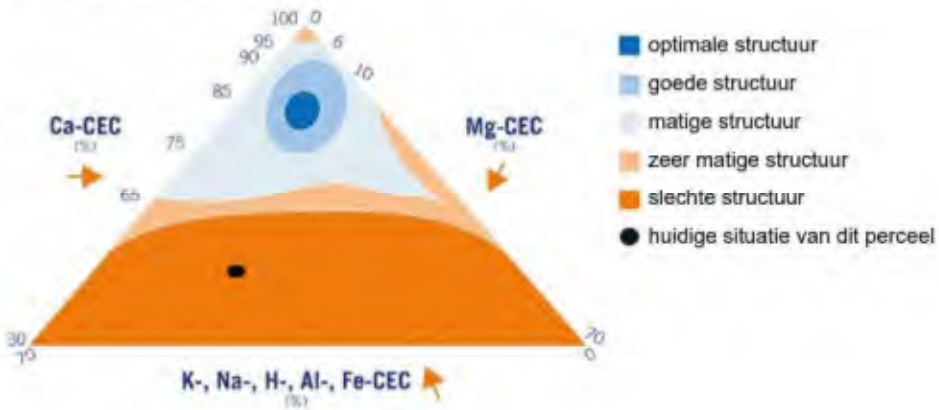
Figuur: Kwaliteit van de organische stof

Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek



staatsbosb. 7

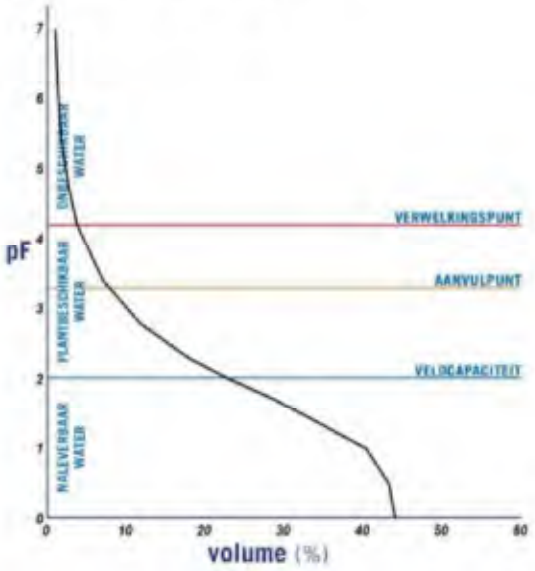
Fysisch

Figuur: Textuurdriehoek

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 19 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 7,9 % vocht zit en geef dan 15 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, 5.1.2e
Contactpersoon monstername:	5.1.2e 5.1.2e
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Precisiemonster, <1 ha

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Methode		Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse resultaten	N-totale bodemvoorraad	1830	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	S-plantbeschikbaar	4,2	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
	S-totale bodemvoorraad	335	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	P-plantbeschikbaar	0,2	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	P-bodemvoorraad	6	mg P_2O_5/100 g	PAL1: Gw NEN 5793	Q
	K-plantbeschikbaar	28	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	K-bodemvoorraad	1,8	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-plantbeschikbaar	0,3	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-bodemvoorraad	23	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Mg-plantbeschikbaar	25	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Mg-bodemvoorraad	6,3	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Na-plantbeschikbaar	5	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Na-bodemvoorraad	0,5	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Zuurgraad (pH)	4,1		Em: NIRS (TSC®)	
	C-organisch	2,3	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	Organische stof	4,4	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	C-anorganisch	0,03	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Koolzure kalk	0,2	%		
	Klei (<2 µm)	2	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Silt (2-50 µm)	8	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Zand (>50 µm)	85	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei-humus (CEC)	36	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële biomassa	516	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële activiteit	81	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Schimmel biomassa	17	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Bacteriële biomassa	156	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform
P-bodemvoorraad Deze analyse is in duplo uitgevoerd.

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
Het monster is geanalyseerd in het Eurofins Agro laboratorium in Wageningen, tenzij anders is vermeld.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 08-04-2021

ONDERZOEKCENTRUM B ware

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK MOERASZONE SALMSTEKE

- notitie -

Opdrachtgever: Provincie Utrecht • Auteurs: 5.1.2e & 5.1.2e •
Projectnummer: PR-22.002 • Rapportnummer: RP-22.002.22.53 • Datum: 17 juni 2022

Titel rapport:
Bodem- en hydrochemisch onderzoek moeraszone Salmsteke, conceptnotitie

Auteurs:
5.1.2e & 5.1.2e

Rapportnummer: RP-22.002.22.53

Opdrachtgever:
Provincie Utrecht

PROVINCIE :: UTRECHT

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:
5.1.2e
Tel: 5.1.2e
5.1.2e @b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2022

1. AANLEIDING

De Provincie Utrecht is, in samenwerking met Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden, Rijkswaterstaat, de gemeente Lopik, Recreatieschap De Stichtse Groenlanden en Staatsbosbeheer, bezig met de herinrichting van de uiterwaarde Salmsteke. In 2018 en 2019 heeft Onderzoekcentrum B-WARE reeds een onderzoek uitgevoerd naar de bodemchemie en natuurpotenties van de graslanden in dit gebied. Voor dit gedeelte van de uiterwaarde Salmsteke zijn al plannen vastgesteld. Nu wil men ook de moeraszone (noordelijk van het onderzochte gebied; zie Figuur 1) onderzoeken zodat bekend wordt wat hier de ontwikkelingsmogelijkheden mogelijk zijn.

Figuur 1. Overzicht van de globale ligging van het onderzoeksgebied.

Het onderzoek omvat 6 bodemlocaties, waarbij op 2 locaties eveneens het freatisch grondwater is onderzocht. Op basis van de bodem- en hydrochemische onderzoeksresultaten is aangegeven op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor soortenrijke (natte) natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschralingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.

In deze notitie worden de resultaten kort besproken en toegelicht. Voor algemene informatie over de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden kan de B-WARE folder 'Van landbouw naar natuur' en de rapporten uit 2018 en 2019 (Van de Riet en Brouwer, 2018; Visscher en Brouwer, 2019) worden geraadpleegd. De toegepaste onderzoeksmethoden worden in de bijlage toegelicht.

2. MATERIAAL EN METHODEN

Op 8 april 2022 werden op 6 locaties ondiepe boringen gezet en de bodem bemonsterd. De locaties werden geselecteerd op basis van de actuele en historische perceelverdeling, hoogteverschillen in het landschap en variatie in het bodemtype. De boringen werden verricht met een Edelmanboor

en de exacte boorlocaties werden ingemeten met een GPS (zie Tabel 1). Voor de ligging van de boorlocaties zie Figuur 2 en Figuur 3. Het bodemprofiel werd beschreven conform NEN 5104 door boormeester 5.1.2e van ATKB (zie Bijlage 3 voor de profielbeschrijvingen). Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en indien waarneembaar in het profiel ook de GHG en GLG (zie Tabel 1). In totaal zijn op 6 locaties de bodemmonsters verzameld op verschillende dieptes en op 2 locaties is het freatisch grondwater uit het boorgat bemonsterd.

De exacte bemonsteringsdieptes zijn afgestemd op de aangetroffen bodemhorizonten. De globale bemonsteringsstrategie was:

- 0-15 cm-mv;
- 15-30 cm-mv;
- 30-45 cm-mv.

In totaal zijn 19 bodem- en 2 watermonsters afgeleverd bij B-WARE en chemisch geanalyseerd (zie bijlage 1 voor een nadere toelichting). De bodemmonsters zijn als volgt geanalyseerd:

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid;
- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);
- pH-zout en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. fosfor, ammonium, nitraat, aluminium en calcium.

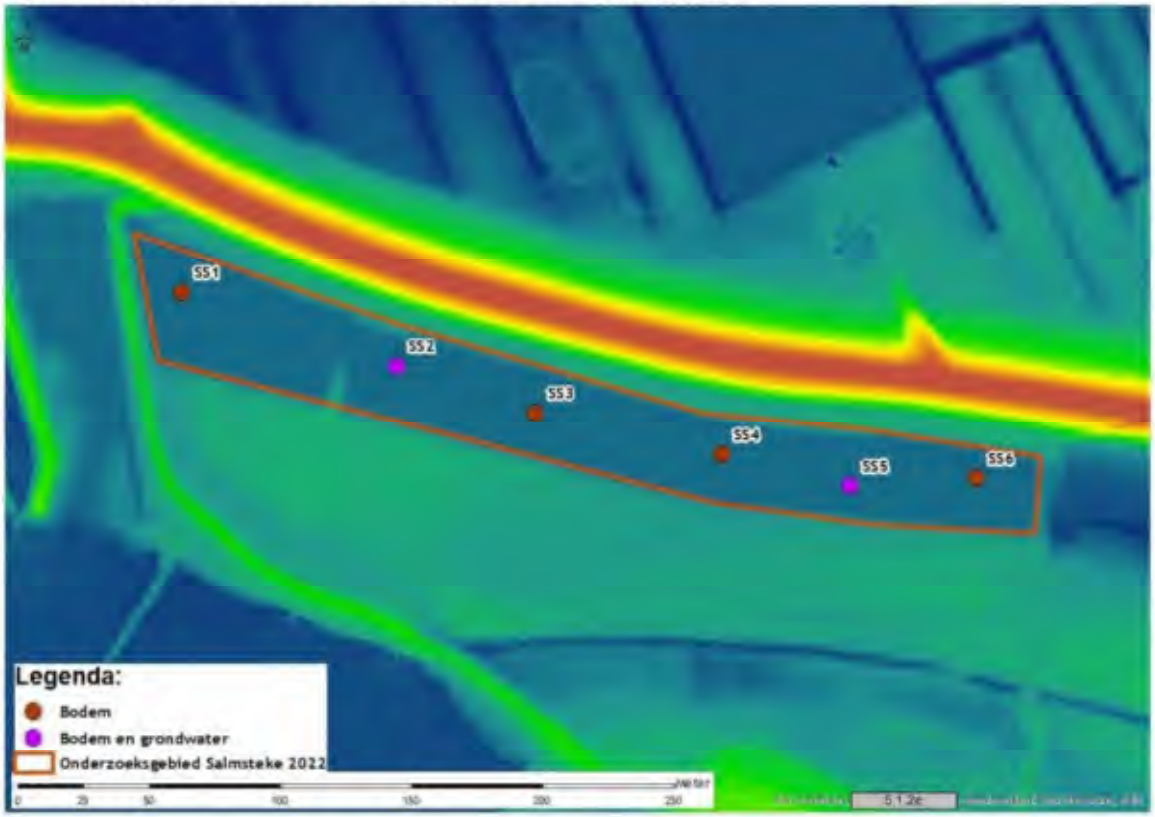
Om te kunnen bepalen hoe lang aanvullend verschraald dient te worden door middel van maaien en afvoeren wanneer de nieuwe toplaag na ontgronding nog onvoldoende voedselarm is (risico op verruiging), kan op basis van de Olsen-P en totaal-P concentratie een indicatieve verschralingsduur berekend worden. Tevens kan op basis van de voedselrijkdom de verschralingsduur van de huidige toplaag worden berekend. Zie bijlage 2 voor meer uitleg over de berekening van de verschralingsduur.

Op basis van de bodemchemische onderzoeksresultaten wordt aangegeven op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor soortenrijke natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschralingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.

Tabel 1. Overzicht van de monsterdatum, type monster, coördinaten, hoogte ten opzichte van maaiveld (in m N.A.P.), landgebruik, actuele grondwaterstand (GWS; 8 april 2022), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) per locatie. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 2 en Figuur 3.

Locatie	Type	X	Y	Mvh	Gebruik	GWS	GHG	GLG
1	Bodem	125299	441856	1,4	waterbodem	+20	-	-
2	Bodem en grondwater	125381	441828	1,3	braak	0	0	-80
3	Bodem	125434	441810	1,4	braak	-20	0	-110
4	Bodem	125505	441794	1,0	braak	-15	0	-100
5	Bodem en grondwater	125554	441782	0,9	waterbodem	+10	-	-
6	Bodem	125602	441785	0,9	waterbodem	+15	-	-

Figuur 2. Topografische kaart met de ligging van de monsterlocaties.



Figuur 3. Hoogtekaart (AHN3) met de ligging van de monsterlocaties.

3. ABIOTIEK BEOOGDE NATUURTYPEN

3.1 Algemene streefconcentraties

Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid voldoende laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P concentratie een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen worden de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (de totaal-P concentratie kan sterk variëren afhankelijk van de ijzer- en calciumconcentraties en/of de kleiigheid van de bodem):

- Oligotroof/voedselarm moeras: 300-500 µmol/l bodem;
- Soortenrijk rietmoeras: 300-800 µmol/l;
- Vochtig hooiland: 300-800/900 µmol/l bodem;
- Mesotroof moeras: 900-1200 µmol/l bodem;

De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem waarvan een (groot) deel op termijn weer beschikbaar kan komen voor planten (zeker bij een verandering van de redoxtoestand van de bodem door het nemen van vernattingsmaatregelen). Vanwege het feit dat planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties in deze rapportage uitgedrukt per liter verse bodem.

3.2 Rietland en soortenrijk moeras

Op plekken waar het te nat wordt kan, onder voedselarmere condities met weinig peildynamiek, ingezet worden op de ontwikkeling van een veenmoeras (N05.03). Rietmoeras komt over het algemeen tot ontwikkeling bij Olsen-P concentratie van 300-800 µmol per liter bodem, vergelijkbaar met een grote zeggenmoeras.

Bij een optimaal rietlandbeheer is het van belang dat de waterstanden regelbaar zijn. In het voorjaar worden de waterstanden kunstmatig hooggehouden zodat riet met de voeten in het water staat. Naar de zomer kan een rietveld licht uitdrogen en eventueel eens in de 3-4 jaar droogvallen, waardoor helofyten zich kunnen vestigen. Dit zal ervoor zorgen dat er meer zuurstof in de bodem van helofytenmoerassen doordringt waardoor strooiselophoping wordt tegengegaan en minder giftige stoffen (sulfide, ammonium) geproduceerd worden. Door lagere waterstanden in de zomer zullen riet en grote zegges weer kunnen ontkiemen. Door oxidatie van ijzer in de bodem wordt meer fosfaat in de bodem vastgelegd, waardoor algenbloei in het water zal verminderen en de belasting van de helofytenzones met dood organisch materiaal (detritus) afneemt. In de winter kan bij het maaien van riet, de waterstand tijdelijk beneden het maaiveld zakken, waarna de waterstand ruim voor het voorjaar (februari) weer opgezet wordt tot in het maaiveld (vestigingsperiode rietvogels). Deze cyclus is optimaal voor riet (www.natuurkennis.nl).

Overigens speelt ook de voedselrijkdom van de bodem een rol. Een voldoende beschikbaarheid van nutriënten in de bodem is belangrijk voor de groei van riet. In veel studies is gevonden dat nutriëntenrijke bodems leiden tot hoger en dikker riet (Engloner, 2009). Daarnaast is een juiste verhouding tussen de verschillende nutriënten (vooral stikstof en fosfor) van belang voor een optimale groei en ontwikkeling. De nutriëntenbeschikbaarheid beïnvloedt de groei, kwaliteit en uitbreidingscapaciteit (Ulrich & Burton, 1985; Engloner, 2009).

Op voedselrijke bodems kan riet in de regel goed groeien. Onder permanent natte omstandigheden bestaat het risico dat riet de competitie verliest van soorten die meer zuurstof in de bodem kunnen brengen, sneller kunnen groeien bij een hogere nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem en goed

onder water kunnen kiemen, zoals Grote Lisdodde (*Typha latifolia*) (Belgers & Arts, 2003; Lucassen e.a., 2017).

Om de ontwikkeling van riet te stimuleren is het verwijderen van de graszode en het aanplanten van riet een optie. Dit vergt echter enige aandacht: om vraat door ganzen en andere vogels te voorkomen dienen deze locaties te worden uitgerasterd. De aanplant omringen met gaas en overspannen met linten blijkt erg goed te werken. Het gebruik van zaad blijkt weinig/niet effectief omdat dit alleen alleen kiemt wanneer de bodem net (bij benadering een centimeter) onder water staat. Bij hogere waterstanden kiemt het niet en bij te lage grondwaterstanden evenmin (Lucassen et al., 2017). Zeker wanneer rietontwikkeling op voedselrijke bodem (>>1000 µmol Olsen-P per liter bodem) wordt nagestreefd is het aanplanten van riet cruciaal omdat anders met zekerheid eutrofe soorten zoals lisdodde tot dominantie komen voordat het riet zich heeft kunnen vestigen.

Voor eutrofe moerassen bestaan (nog) geen referentiewaarden, maar uit de metingen die beschikbaar zijn kan voorzichtig worden gesteld dat bij een hogere beschikbaarheid aan fosfaat (Olsen-P ca. 1200 µmol/l) snelgroeiende eutrofe soorten domineren en dat verruiging optreedt. Het is echter onduidelijk of er 'ecologische grenzen' zijn aan te brengen boven de waarde van Olsen-P ~1200 µmol/l. Het is dus onduidelijk hoe voedselrijk (eutroof > hypertroof) een moeras kan zijn wil het zijn beoogde functie behouden. Wel is duidelijk dat wanneer in deze situatie actief beheer uitblijft, bijvoorbeeld een plas-dras laag mozaïekmoeras dicht groeit. Na vernatting veranderen de bodemcondities: de kans op nalevering van nutriënten is groot. Voor eutrafente plantensoorten zoals pitrus, liesgras, wilgen, riet en lisdodden is deze situatie gunstig (De Fouw et al., 2021).

3.3 Vochtig hooiland

Voor de ontwikkeling van vochtig hooiland is de mate van buffering van de bodem ook zeer relevant. Bij Ca-z concentraties van circa 10.000-25.000 µmol/l (Ca-t veelal >20 mmol/l) en Olsen-P concentraties van 200-500 µmol/l kan een blauwgrasland worden ontwikkeld onder de juiste hydrologische omstandigheden (GRIP database B-WARE). Op gebufferde (Ca-t veelal >30 mmol/l en Ca-z >14.000 µmol/l), ijzerrijke bodems kan onder vochtige tot natte omstandigheden een dotterbloemhooiland tot ontwikkeling komen.

Voor nat schraalland wordt een Olsen-P streefconcentratie van circa 100-400 µmol/l gehanteerd. Voor vochtig hooiland wordt een Olsen-P streefconcentraties gehanteerd van 300-800/900 µmol/l. Vooral onder extreem ijzerrijke omstandigheden wordt regelmatig Olsen-P concentraties tot 900 µmol/l (of hoger) aangetroffen in goede ontwikkelde vochtige hooilanden. De P-z concentratie is dan veelal (zeer) laag. De totaal-P concentratie kan sterk variëren afhankelijk van de ijzer- en calciumconcentraties en/of de kleiigheid van de bodem.

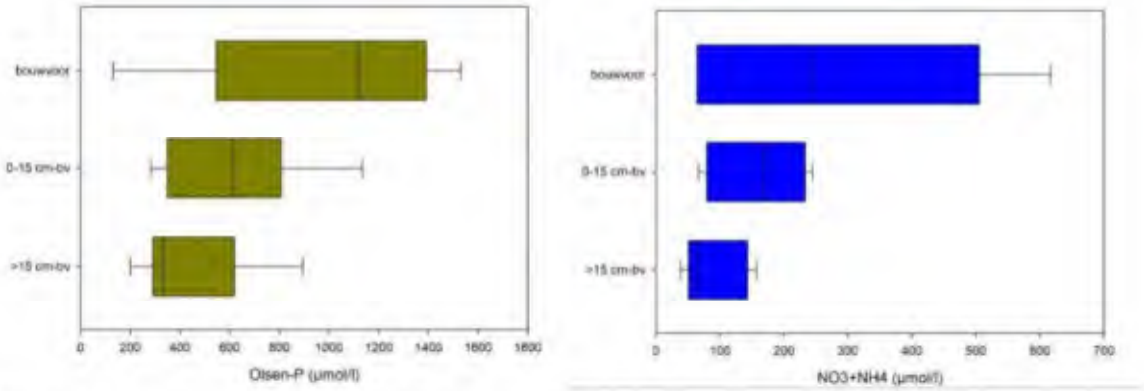
Vochtig hooiland valt onder de soortenrijke vochtige tot natte natuurtypen. Waardoor voor de ontwikkeling van vochtig hooiland niet alleen de buffering van belang is maar ook de grondwaterstanden belangrijk zijn. Alleen als er voldoende grondwaterinvloed in maaiveld is zijn deze vegetaties mogelijk. De periode waarin grondwater in de wortelzone uittreedt bepaalt in combinatie met de mate van buffering van het grondwater en de zuurproductie als gevolg droogval van de toplaag in de zomerperiode en verzurende (stikstof)depositie of bodems voldoende gebufferd blijven of (langzaam) verzuren.

4. RESULTATEN BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK

4.1 Algemene bodemchemie

Wanneer de fosfaatconcentraties worden weergegeven op basis van de diepte ten opzichte van maaiveld (zie Figuur 4) wordt duidelijk dat de Olsen-P concentraties het hoogst zijn in de bouwvoor van 10-20 cm dik (mediaan: 1120 µmol/l Olsen-P). De mate van P-verrijking is echter redelijk beperkt. Direct onder de bouwvoor zijn de Olsen-P concentraties sterk afgenomen (mediaan: 615 µmol/l Olsen-P). De mediaan van de totaal-P concentraties in de bouwvoor en onder de bouwvoor verschillen nauwelijks van elkaar (bouwvoor: 13,4 mmol/l; onder de bouwvoor: 13,9 mmol/l).

De toplaag is licht verrijkt met stikstof (64-617 NO_3^- + NH_4^+). De concentratie stikstof neemt af in de diepte (38-157 µmol/l bodem NO_3^- + NH_4^+ op >15 cm-bv; zie Figuur 4).



Figuur 4. Boxplots van de Olsen-P en NO_3^-+NH_4^+-z in het onderzoeksgebied. In de boxplots is onderscheid gemaakt tussen de verschillende bodemlagen: bouwvoor (n=6), 0-15 cm-bv (n=6) en >15 cm-bv (n=7). De Whiskers (horizontale lijnen met verticaal einde) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer.

4.2 Bodemtype

In de moeraszone van Salmsteke is voornamelijk een matig tot sterk siltige kleibodem aangetroffen. Op locatie 3 bestaat de bouwvoor uit sterk zandige klei en wordt onder de bouwvoor een zandbodem aangetroffen. Dit is ook terug te zien in de aluminiumconcentraties (indicatief voor de kleiigheid). Gemiddeld is de aluminiumconcentratie op locatie 3 307 mmol/l en op de andere locaties 561 mmol/l. Dieper in de bodem worden meer verschillen aangetroffen: op locatie 1 en 2 is op 55/60 cm-mv een zandbodem tot op 150 cm-mv aangetroffen. Op locatie 3 en 5 wordt onder de zandbodem (20/50-75 cm-mv) weer een kleibodem aangetroffen (75->150 cm-mv) en op locatie 4 een 6 is tot op 150 cm-mv alleen een kleibodem aanwezig. Zie Bijlage 3 voor de bodemprofielen.

4.3 Hydrochemie

In deze paragraaf worden de grondwaterstanden en de waterkwaliteit besproken op basis van het hydrochemisch onderzoek en de afgelezen grondwaterstanden vanaf het boorprofiel.

Welke natte natuurbeheertypen zich daadwerkelijk in het gebied kunnen ontwikkelen is naast de voedselrijkdom van de bodem, de mate van buffering van de bodem en het bodemtype ook afhankelijk van de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater. Voor de ontwikkeling van

grondwaterafhankelijke natuurtypen is grondwaterinvloed in het maaiveld vereist van circa oktober tot en met maart. In de zomerperiode dient de bodem beperkt droog te vallen.

De gemiddeld laagste (GLG) en gemiddeld hoogste (GHG) grondwaterstand werd op de boorlocaties in het onderzoeksgebied afgeleid uit het bodemprofiel. Dit geeft een globale indicatie van de fluctuatie van de grondwaterstand in het (recente) verleden en kan afleiden van de actuele situatie. Op drie locaties was dit niet mogelijk omdat er circa 10-20 cm water op maaiveld stond tijdens het veldwerk. Op de andere locaties is de gemiddelde laagste grondwaterstand is 80-110 cm-mv en de gemiddelde hoogste grondwaterstand GHG is 0 cm-mv.

Voor moerasvegetatie is het belangrijk dat er regelmatig water op maaiveld staat (gewenste GHG 20+-0 cm-mv; zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Dit komt overeen met de afgeleide GHG in het gebied (afgeleide GHG: 20+-0 cm-mv). Daarentegen lijkt, zo ver bekend, het (grond)water relatief ver weg te zakken (gewenste GLG: 10+--50 cm-mv; afgeleide GLG: 80-110 cm-mv). Dit hydrologische aspect maakt verder geen onderdeel uit van de opdracht.

Voor het hydrochemisch onderzoek zijn 2 grondwaterwatermonsters verzameld (uit boorgaten) en geanalyseerd (zie Figuur 2 en Figuur 3). De resultaten worden weergegeven in Tabel 2. Het betreft slechts een eenmalige meting om een indicatie te krijgen van de grondwaterkwaliteit. Een uitgebreide (eco)hydrologische analyse maakt geen onderdeel uit van het onderzoek.

Tabel 2. Kwaliteit van het grondwater in het onderzoeksgebied. De concentraties zijn weergegeven in µmol/l. EGV = Elektrisch Geleidingsvermogen in µS/cm. Turb = turbiditeit in Nephelometric Trubidity Unit (NTU). Fe/P = ratio tussen ijzer en fosfaat in mol/mol.

Locatie	pH	Alk	EGV	CO_2	HCO_3^-	Al	Ca	Fe	Mg	P	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Cl^-	Fe/P
ss2	6,9	7,0	733	1812	5865	20	3253	13	479	2,6	270	0,1	2,0	1145	3	1619	5
ss5	7,1	8,9	976	1614	7943	8	4690	172	587	14,9	831	0,4	34,8	1461	44	1710	12

Het freatisch grondwater is bemonsterd op de boorlocaties 2 en 5. Het bemonsterde grondwater is sterk gebufferd (5865-7943 µmol HCO_3/l, Tabel 2). Het grondwater is zwak tot sterk ijzerhoudend (13-172 µmol/l). De fosforconcentraties in het grondwater zijn relatief laag of licht verhoogd (2,6-14,9 µmol/l P). Doordat op dezelfde locatie de ijzerconcentratie en de fosfaatconcentratie hoog zijn blijft de Fe/P ratio positief (5-12 mol/mol). Dit is gunstig voor de fosfaatvastlegging. De nitraat- en ammoniumconcentraties in het grondwater zijn relatief laag (<35 µmol/l). Het grondwater is met name op locatie ss5 verrijkt met sulfaat (831 µmol/l).

4.4 Kansen voor natuurontwikkeling

4.4.1 Inleiding

In de komende paragrafen worden op basis van bodemtype, bodemchemie en grondwaterstanden de kansen voor natuurontwikkeling besproken. Op basis van de bodemchemisch condities wordt gekeken welke maatregelen nodig zijn voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde natuur. Wanneer de ontwikkeling van hoogwaardige natuurtypen niet reëel is kan ervoor worden gekozen om een mesotroof moeras te ontwikkelen op de toplaag.

In Tabel 3 wordt de berekende verschralingsduur via maaien en afvoeren tot een Olsen-P concentratie van 500-800 µmol/l (oligotroof moeras/rietmoeras) voor iedere locatie en diepte gegeven. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in

verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 20-25 cm bij elkaar worden opgeteld.

Een eventuele ontgronding kan een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten. Het vormt de basis voor het op te stellen inrichtingsplan.

4.4.2 Natuurontwikkelingsmogelijkheden per zone

Tabel 3. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties. GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand, GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand, OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l); -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l). M5/M8 = berekende verschralingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 500/800 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<150	<20	<4000	<20	<2	<50	>80	voldoende P-arm
6-10	151-250	21-50	4001-10000	21-50	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	51-100	10001-20000	51-100	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	101-150	20001-35000	101-150	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	150-250	35001-50000	151-300	31-50	401-800	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		>250	>50000	>300	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Nr	GWS	GHG	GLG	Diepte	Grondsoort	HZT	Z	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M5	M8
SS1	+20	-	-	0-10*	klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	35	8	18	0,9	682	13,2	636	193	258	45	213	22	13	23734	156	4003	6,9	100			56	11	
				10-25	klei, matig zandig en siltig	C	40	4	12	1,3	372	13,0	623	756	316	41	320	6	2	20668	158	3086	7,5	100			62		
				25-40	klei, matig zandig en siltig	C	40	2	26	1,3	323	12,0	422	926	234	26	263	4	2	24366	261	2773	7,7	100			27		
SS2	0	0	80	0-15	klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	35	16	50	0,6	129	13,6	443	466	149	43	120	23	6	24068	191	4705	6,3	100	3		59		
				15-30	klei, sterk siltig	C	15	4	22	1,3	282	14,2	623	1049	373	53	360	5	4	29101	116	3490	7,5	100			45		
				30-45	klei, sterk siltig	C	15	2	22	1,3	200	14,4	476	1267	356	33	354	3	0	31950	102	3969	7,5	100			39		
SS3	20	0	110	0-20	klei, sterk zandig, matig humeus, bv	AP	50	10	33	0,8	1531	12,8	351	88	150	37	105	14	20	20494	410	3673	5,8	100	3	122	93	54	38
				20-35	zand, sterk kleiig	BC	80	3	17	1,3	694	10,2	263	67	146	21	73	7	11	14931	414	2246	6,6	100	4	90	103	13	
				35-50	zand, matig grindig	C	85	1	14	1,5	499	13,9	278	35	250	22	74	2	2	10540	442	1769	6,3	100	2		34		
SS4	15	0	100	0-20	klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	20	19	46	0,6	1270	17,0	489	81	177	50	136	25	3	24070	782	4602	6,0	99	2	124	144	84	39
				20-35	klei, matig siltig	BC	15	3	33	1,3	698	15,7	526	532	306	46	284	9	5	31979	358	4539	7,3	100	3		223	21	
				35-50	klei, matig siltig	BC	15	3	21	1,4	619	17,0	644	1042	397	53	372	4	6	34104	227	4273	7,4	100	3		67	15	
				50-65	klei, stork zandig, matig grindig	C	60	1	15	1,5	291	9,2	248	355	169	21	131	2	4	15776	298	1867	7,9	100	3		53		
SS5	+10	-	-	0-15*	klei, sterk siltig, matig zandig en humeus, bv	AP	30	14	47	0,7	970	13,2	558	106	230	49	174	19	7	28340	369	5974	6,2	99	4		459	30	11
				15-30	klei, matig siltig	BC	20	7	34	0,9	537	13,9	719	234	327	66	300	14	6	33623	223	5875	7,0	100	2		221	3	
				30-40	klei, matig siltig	BC	20	3	22	1,3	329	12,9	451	1485	260	39	400	6	5	26174	303	3719	7,5	100			137		
SS6	+15	-	-	0-15*	klei, sterk siltig, matig zandig en humeus, bv	AP	35	9	66	0,8	1344	16,3	641	301	232	64	195	23	22	48094	2333	11479	5,8	99	5		606	46	31
				15-30	klei, matig siltig	BC	15	3	21	1,3	1133	17,1	792	503	404	76	398	6	25	32202	643	6044	7,3	100	2		141	43	24
				30-45	klei, matig siltig	BC	15	3	23	1,3	893	14,6	680	455	324	59	354	6	41	32221	732	5367	7,3	100	3		151	30	7

Op basis van de bodemchemische data kunnen de locaties in 3 zones worden onderverdeeld:

- Zone 1: locatie 1 en 2;
- Zone 2: locatie 3, 4 en 5;
- Zone 3: locatie 6.

De kansen voor natuurontwikkeling worden hieronder per zone besproken.

Zone 1:

Figuur 5. Foto's van de locaties SS1 (links) en SS2 (rechts). Foto's: 5.1.2e

De bouwvoor (0-10/15 cm-mv) in zone 1 is relatief fosfaatarm (Olsen-P: 129-682 µmol/l en totaal-P: 13,2-13,6 mmol/l). Hierdoor is het mogelijk om de huidige toplaag door te ontwikkelen naar een voedselarm (oligotroof) moeras (natte omstandigheden) of een vochtig hooiland (vochtige omstandigheden). Indien de huidige toplaag soortenarm is kan wellicht het beheer van het moeras worden geoptimaliseerd of is (bij hooilandontwikkeling) het wellicht mogelijk om de huidige zode te verwijderen of te chopperen en uit een referentiegebied op te brengen (zie paragraaf 3.2)).

Advies: huidige toplaag doorontwikkelen en beheer optimaliseren tot een oligotroof moeras of vochtig hooiland.

Zone 2:

Figuur 6. Foto's van de locaties SS3 (links) en SS5 (rechts). Foto's: 5.1.2e

In zone 2 is de bouwvoor (0-15/20 cm-mv) matig verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 970-1531 µmol/l en totaal-P: 12,8-17,0 mmol/l), waardoor een mesotroof moeras ontwikkeld kan worden door het beheer te optimaliseren. Na afgraving van de bouwvoor (15/20 cm; Olsen-P: 537-698 µmol/l en totaal-P: 10,2-15,7 mmol/l) is de ontwikkeling van een voedselarm (oligotroof) moeras (natte omstandigheden) of een vochtig hooiland (vochtige omstandigheden) mogelijk.

Optie 1: huidige toplaag doorontwikkelen en beheer optimaliseren voor de ontwikkeling van een mesotroof moeras.

Optie 2: bouwvoor (15/20 cm) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een voedselarm moeras of vochtig hooiland.

Zone 3:

Figuur 7. Foto van de locatie SS6. Foto: 5.1.2e

In zone 3 is de bouwvoor (0-15 cm-mv) en de onderliggende bodemlaag (15-30 cm-mv) matig verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1133-1344 µmol/l en totaal-P: 16,3-17,1 mmol/l). Het is mogelijk om op de toplaag een mesotroof moeras te ontwikkelen door het beheer te optimaliseren. Na afgraving van 30 cm zijn de fosfaatconcentraties lager (Olsen-P: 893 µmol/l en totaal-P: 14,6 mmol/l) waardoor de ontwikkeling van een voedselarm (oligotroof) moeras/ rietmoeras mogelijk is.

Optie 1: huidige toplaag doorontwikkelen en beheer optimaliseren voor de ontwikkeling van een mesotroof moeras.

Optie 2: 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een voedselarm moeras/ rietmoeras

4.4.3 Samenvatting kansen voor natuurontwikkeling

Uit het bodemchemisch onderzoek is gebleken dat op het gebied relatief kansrijk is voor de ontwikkeling van voedselarm moeras of vochtig hooiland. Voor moerasvegetatie is het belangrijk dat er regelmatig water op maaiveld staat (gewenste GHG 20+-0 cm-mv; zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Dit komt overeen met de afgeleide GHG in het gebied (afgeleide GHG: 20+-0 cm-mv). Daarentegen lijkt, zo ver bekend, het grondwater relatief ver weg te zakken (gewenste GLG: 10+--50 cm-mv; afgeleide GLG: 80-110 cm-mv).

Op basis van de bodemchemische resultaten de benodigde maatregelen kan het gebied worden onderverdeeld in 3 zones:

- Zone 1 (locatie 1 en 2): de huidige toplaag is voldoende voedselarm voor ontwikkeling van een voedselarm moeras (natte omstandigheden) of vochtig hooiland (vochtige omstandigheden).
- Zone 2 (locatie 3, 4 en 5): de bouwvoor is matig verrijkt met fosfaat. Na afgraving van de bouwvoor (15/20 cm) is de ontwikkeling van een voedselarm moeras (natte omstandigheden) of vochtig hooiland (vochtige omstandigheden) mogelijk. Het is ook mogelijk om, door middel van het optimaliseren van het beheer, een mesotroof moeras te ontwikkelen op de huidige toplaag.
- Zone 3 (locatie 6): de bouwvoor en de onderliggende bodemlaag zijn verrijkt met fosfaat. Na afgraving van 30 cm is de ontwikkeling van een voedselarm moeras mogelijk. Het is ook mogelijk om, door middel van het

optimaliseren van het beheer, een mesotroof moeras te ontwikkelen op de huidige toplaag.

De per zone beschreven adviezen worden in Figuur 8 samengevat.

Figuur 8. Overzicht van de zones (grenzen zijn indicatief) in het gebied op een topografische kaart. De benodigde ontgrondingsdiepte wordt onder de locatie weergegeven. Wanneer verschralingsbeheer nodig is wordt dit middels een + weergegeven.

5. LITERATUUR

Becker, P. de (2004) Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende Alno/Padion en Alnion incanae/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.

Belgers, J., and G. Arts. 2003. Moerasvogels op peil; deelrapport 1: peilen op riet; literatuurstudie naar de sturende processen en factoren voor de achteruitgang en herstel van jonge verlandingspopulaties van riet (Phragmites australis) in laagveenmoerassen en rivierkleigebieden. Alterra.

Engloner, A. I. 2009. Structure, growth dynamics and biomass of reed (Phragmites australis)-A review. Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants 204:331-346.

Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma (2005) OGOR Natuur in Noord-Brabant. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.

Fouw, de, J., R.M.G. van der Hut, E.S. Bakker, A.J.P. Smolders, J. van der Winden en P.J. Westendorp, 2021. Inrichting, ontwikkeling en beheer van moerassen op voormalige landbouwgrond: Een eerste verkenning van de ontwikkeling van eutrofe moerassen.

Rapport nummer 2021/OBN249-LZ, Kennisnetwerk OBN, Driebergen.Engloner, A. I. 2009. Structure, growth dynamics and biomass of reed (Phragmites australis)-A review. Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants 204:331-346.

Lucassen, E.C.H.E.T., P.J. Westendorp, E.J.H. Bohnen-Verbaarschot, M. Poelen & A.J.P. Smolders (2017). Landschap 34(3): 119-127.

Riet, B, van de & E. Brouwer (2018) Bodemchemisch onderzoek Uiterwaard Salmsteke; Inschatting van potenties voor natuur in de graslandpercelen en ontgravingen. Rapport RP-18.128.18.76, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Ulrich, K. E., and T. M. Burton. 1985. The effect of nitrate, phosphate and potassium fertilization on growth and nutrient uptake patterns of Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steudel. Aquatic Botany 21:53-62.

Visscher, A. & E. Brouwer (2019) Bodemchemisch vervolgonderzoek uiterwaard Salmsteke. Rapport RP-19.152.19.95, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

6. BIJLAGE 1: ANALYSES

Drooggewicht en organisch stofgehalte

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo af te wegen in aluminiumbakjes. De bakjes werden precies tot aan de rand afgevuld (volume = 40,5 ml), zodat de soortelijke massa van de bodem kan worden bepaald. De bodems werden gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal opnieuw gewogen en werd het vochtverlies berekend. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door via het gloeiverlies bepaald. Hiertoe werd gedroogd bodemmateriaal gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Olsenextractie

Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plantbeschikbaar fosfaat worden bepaald. Hiertoe werd aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Destructie

Door de bodem en plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega of Ethos Easy) werden geplaatst. De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. Het destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Zoutextractie

Met een zoutextractie kunnen de de zoutuitwisselbare ionen bepaald worden. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2 mol l^{-1} NaCl) gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific of, ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl^-) werd

colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Department of Agriculture circular No. 939

7. BIJLAGE 2: BEREKING VERSCHRALINGSDUUR

Uit het bodemchemisch onderzoek blijkt dat de bodem, voornamelijk de bouwvoor, in het onderzoeksgebied (lokaal beperkt) verrijkt is met fosfaat. Om soortenrijke natuurtypen tot ontwikkeling te kunnen laten komen, is een verschralingsbeheer noodzakelijk om de fosfaatbeschikbaarheid te reduceren. Verschraling kan plaatsvinden door maaien en afvoeren, uitmijnen of het verwijderen van de fosfaatrijke toplaag. Om te kunnen bepalen of verschraling via maaien en afvoeren of uitmijnen bij graslanden/hooilanden binnen een redelijke termijn te realiseren is, kan op basis van de Olsen-P en totaal-P concentratie een indicatieve verschralingsduur berekend worden.

De verschralingsduur voor maaien en afvoeren is berekend op basis van het verschil tussen de actuele totaal-P concentratie en de totaal-P streefconcentratie, uitgaande van een P-afvoer van 10 kg hectare per jaar (Chardon, 2008). De streefconcentratie voor totaal-P is hierbij niet op een standaardwaarde vastgesteld, maar berekend aan de hand van de streefwaarde voor Olsen-P en de actuele beschikbare P-fractie (Olsen-P/totaal-P-ratio). Stel dat de actuele P-fractie 0,1 is (10% van het totaal-P is beschikbaar P), dan is bij een streefwaarde van 500 µmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ((0,5/10) x 100). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem de actuele P-fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ((0,5/5) x 100). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschralingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschralingsduur 10-20% lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschraling in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschralingsduur eerder hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschralingsduur. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 3 mmol/l. Voor uitmijnen (vooral geschikt op droge locaties) kan de verschralingsduur op dezelfde wijze berekend worden, maar dan wordt uitgegaan van een P-afvoer van 40 kg hectare per jaar. Deze afvoer kan gehaald worden met uitmijnen met grasklaver in combinatie met kalibemesting of een productieve graszode in combinatie met stikstof- en kalimesting, maar de daadwerkelijke onttrekking is afhankelijk van de omstandigheden (o.a. effectiviteit en hydrologie).

In Tabel 3 wordt de berekende verschralingsduur via maaien en afvoeren voor iedere locatie en diepte gegeven. De verschralingsduur via maaien en afvoeren is 4 keer zo lang als de duur via uitmijnen. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 20-25 cm bij elkaar worden opgeteld.

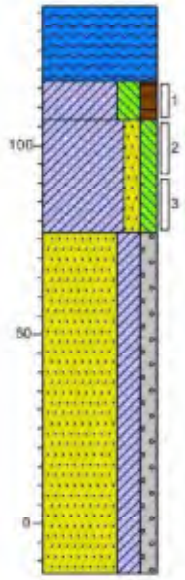
Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.

Boring: SS1

X: 125299,09
Y: 441855,77
Datum: 8-4-2022
Boormeester: S.T.2e
N.A.P. : 1,389
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

Opmerking:

Bodem



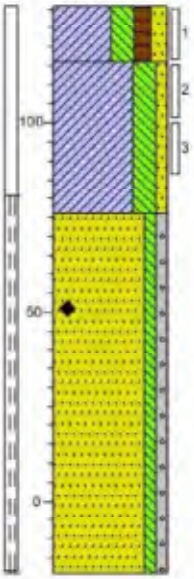
0 waterbodem
Water
(20)
20
(10) AP-HORIZONT
30 Klei, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, zwak wortelhoudend, K-waarde: 0,05, donkerbruin, Edelmanboor, 35% zand, geleidelijk, heterogeen, bouwvoor
(30) C-HORIZONT
80 Klei, matig stevig, matig zandig, matig siltig, zwak roesthoudend, K-waarde: 0,3, licht grijsbeige, Edelmanboor, 40% zand, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal
(90) C-HORIZONT
Zand, matig grof, vast, sterk kleiig, matig grindig, M50 (250), zwak roesthoudend, lensjes klei, K-waarde: 5, lichtbeige, Edelmanboor, 80% zand, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal
150

Boring: SS2

X: 125381,24
Y: 441827,95
Datum: 8-4-2022
Boormeester: S.T.2e
N.A.P. : 1,309
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 0
GHG: 0
GLG: 80

Opmerking:

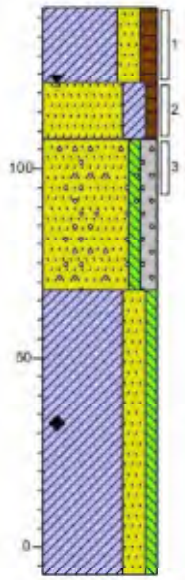
Bodem



0 braak
(15) AP-HORIZONT
15 Klei, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, matig zandig, zwak wortelhoudend, sporen roest, K-waarde: 0,05, donkerbruin, Edelmanboor, 35% zand, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor
(40) C-HORIZONT
55 Klei, matig stevig, sterk siltig, zwak zandig, matig roesthoudend, insluitingen zand, K-waarde: 0,05, lichtbeige, Edelmanboor, 15% zand, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal
(95) C-HORIZONT
Zand, matig grof, vast, zwak siltig, zwak grindig, M50 (250), lensjes klei, K-waarde: 5, lichtbeige, Edelmanboor, >90% zand, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal
150

Boring: SS3

X: 125434,47
Y: 441809,62
Datum: 8-4-2022
Boormeester: S.T.2e
N.A.P. : 1,427
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 20
GHG: 0
GLG: 110



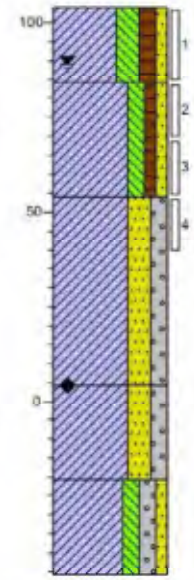
0 braak
(20) AP-HORIZONT
30 Klei, matig stevig, sterk zandig, matig humeus, resten wortels, K-waarde: 0,05, donkerbruin, Edelmanboor, 50% zand, geleidelijk, heterogeen, bouwvoor
(35) BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, sterk kleiig, zwak humeus, M50 (195), sporen Humus, zwak roesthoudend, K-waarde: 1, donker bruinbeige, Edelmanboor, 80% zand, diffuus, heterogeen, roestvlekken, humusinspoeling
(75) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, matig grindig, M50 (200), zwak roesthoudend, lensjes grind, K-waarde: 5, licht grijsbeige, Edelmanboor, 85% zand, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal
(75) C-HORIZONT
Klei, vast, sterk zandig, zwak siltig, laagjes klei, laagjes zand, zwak roesthoudend, K-waarde: 5, licht grijsbeige, Edelmanboor, 70% zand, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal
150

Boring: SS4

X: 125504,98
Y: 441794,21
Datum: 8-4-2022
Boormeester: S.T.3e
N.A.P. : 1,042
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 15
GHG: 0
GLG: 100

Opmerking:

Bodem



0 braak
(20) AP-HORIZONT
30 Klei, stevig, sterk siltig, matig humeus, zwak zandig, resten wortels, zwak roesthoudend, K-waarde: 0,05, donkerbruin, Edelmanboor, 20% zand, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor
(30) BC-HORIZONT
50 Klei, vast, matig siltig, zwak humeus, zwak zandig, matig roesthoudend, insluitingen zand, K-waarde: 0,05, lichtbeige, Edelmanboor, 15% zand, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, humusinspoeling
(50) C-HORIZONT
Klei, vast, sterk zandig, matig grindig, M50 (250), zwak roesthoudend, laagjes klei, K-waarde: 0,3, lichtbeige, Edelmanboor, 60% zand, scherp, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal
100
(25) C-HORIZONT
Klei, vast, sterk zandig, matig grindig, M50 (250), laagjes klei, K-waarde: 0,3, lichtbeige, Edelmanboor, 60% zand, gereduceerd, scherp, homogeen, moedermateriaal
125
(25) C-HORIZONT
Klei, matig slap, matig siltig, matig grindig, zwak zandig, insluitingen zand, K-waarde: 0,05, donkergrijs, Edelmanboor, 15% zand, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal
150

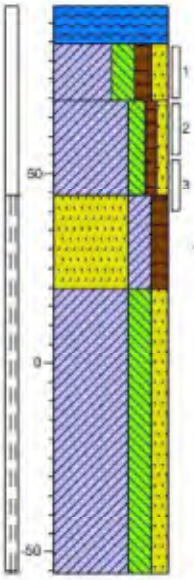
Projectcode: PR-22.002

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek Lekdijk traject Irenesluis-Culemborgse veer (ICU)

Boring: SS5

X:	125553,60
Y:	441782,36
Datum:	8-4-2022
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	0,945
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers

Opmerking: Grondwaterenbodem



0 waterbodem

(10) Water, Edelmanboor

40

(15) AP-HORIZONT
Klei, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, matig zandig, resten wortels, K-waarde: 0,05, donkerbruin, Edelmanboor, 30% zand, geleidelijk, heterogeen, bouwvoor

25

(25) BC-HORIZONT
Klei, matig slap, matig siltig, zwak humeus, zwak zandig, insluitingen zand, zwak roesthoudend, K-waarde: 0,5, lichtbeige, Edelmanboor, 20% zand, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken

75

(75) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig slap, sterk kleiig, matig humeus, M50 (185), resten hout, resten veen, K-waarde: 2, donker grijsbeige, Edelmanboor, 75% zand, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

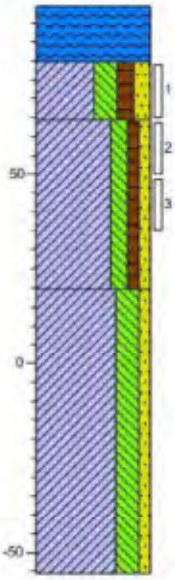
C-HORIZONT
Klei, zeer slap, sterk siltig, matig zandig, insluitingen zand, K-waarde: 1, lichtgrijs, Edelmanboor, 25% zand, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal

150

Boring: SS6

X:	125602,27
Y:	441784,66
Datum:	8-4-2022
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	0,946
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers

Opmerking: Bodem



0 waterbodem

(15) Water, Edelmanboor

15

(15) AP-HORIZONT
Klei, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, matig zandig, resten wortels, K-waarde: 0,05, donkerbruin, Edelmanboor, 35% zand, geleidelijk, heterogeen, bouwvoor

30

(45) BC-HORIZONT
Klei, matig stevig, matig siltig, zwak humeus, zwak zandig, zwak roesthoudend, insluitingen zand, K-waarde: 0,3, licht grijsbeige, Edelmanboor, 15% zand, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, humusinspoeling

75

C-HORIZONT
Klei, matig slap, sterk siltig, zwak zandig, laagjes klei, laagjes zand, K-waarde: 0,5, donkergrijs, Edelmanboor, 25% zand, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal

(75)

150

ATKB

Legenda (conform NEN 5104)

grind

- Grind, siltig
- Grind, zwak zandig
- Grind, matig zandig
- Grind, sterk zandig
- Grind, uiterst zandig

zand

- Zand, kleïig
- Zand, zwak siltig
- Zand, matig siltig
- Zand, sterk siltig
- Zand, uiterst siltig

veen

- Veen, mineraalarm
- Veen, zwak kleïig
- Veen, sterk kleïig
- Veen, zwak zandig
- Veen, sterk zandig

klei

- Klei, zwak siltig
- Klei, matig siltig
- Klei, sterk siltig
- Klei, uiterst siltig
- Klei, zwak zandig
- Klei, matig zandig
- Klei, sterk zandig

leem

- Leem, zwak zandig
- Leem, sterk zandig

overige toevoegingen

- zwak humeus
- matig humeus
- sterk humeus
- zwak grindig
- matig grindig
- sterk grindig

geur

- geen geur
- zwakke geur
- matige geur
- sterke geur
- uiterste geur

olie

- geen olie-water reactie
- zwakke olie-water reactie
- matige olie-water reactie
- sterke olie-water reactie
- uiterste olie-water reactie

p.i.d.-waarde

- >0
- >1
- >10
- >100
- >1000
- >10000

monsters

- geroerd monster
- ongeroerd monster
- volumering

overig

- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand
- slib
- water

peilbuis

Projectcode: PR-22.002

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek Lekdijk traject Irenesluis-Culemborgse veer (ICU)

www.b-ware.eu

Prolander

ONDERZOEKCENTRUM Bware

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK NATUURPOTENTIES TONGELREEPDAL

- Eindrapport -

Opdrachtgever: Staatsbosbeheer • Auteurs: 5.1.2e, 5.1.2e & 5.1.2e •
Projectnummer: PR-21.159 • Rapportnummer: RP-21.159.21.113 • Datum: 11-01-2022

BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK TONGELREEPDAL

Eindrapport

5.1.2e
5.1.2e
5.1.2e

ONDERZOEKCENTRUM B ware

Titel rapport:
Bodem- en hydrochemisch onderzoek Tongelreepdal, eindrapport

Auteurs:
5.1.2e 5.1.2e & 5.1.2e

Rapportnummer: RP-21.159.21.113

Opdrachtgever:
Staatsbosbeheer

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:
5.1.2e
Tel: 5.1.2e
5.1.2e@b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2022

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding 7

1.1 Aanleiding 7

1.2 Onderzoeksvragen bodem- en hydrochemisch onderzoek 8

1.3 Leeswijzer 9

2. Natuurontwikkeling op landbouwgronden 11

2.1 Natuurontwikkeling: belang van fosfaat 11

2.2 Verschralingsmaatregelen bij natuurontwikkeling 12

2.3 Aanvullend advies 15

3. Materiaal en methoden 19

3.1 Veldwerkzaamheden bodem- en hydrochemisch onderzoek 19

3.2 Chemische analyse 21

4. Abiotiek beoogde natuurtypen 25

5. Resultaten bodem- en hydrochemisch onderzoek 31

5.1 Inleiding 31

5.2 Bodemtype 31

5.3 Grondwaterstanden en waterkwaliteit 32

5.4 Algemene bodemchemie 34

5.5 Kansen voor natuurontwikkeling per locatie 38

6. Synthese, conclusies en discussie 45

6.1 Synthese en conclusies 45

6.2 Discussie 50

7. Literatuur 53

8. Bijlagen 55

8.1 Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem 55

8.2 Bijlage 2 - P-Onderzoek Bruggerhuizen (PR-10.051-2010.41) 56

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

Onderzoekcentrum B-WARE is door Staatsbosbeheer gevraagd om een bodem- en hydrochemisch onderzoek uit te voeren om natuurpotenties en geschikte inrichtingsmaatregelen in kaart te brengen voor een aantal (voormalige) landbouwgronden in het Tongelreepdal. Het onderzoeksgebied de Tongelreep is een laaglandbeek die ontspringt bij Neerpelt (België). De beek loopt over Valkenswaards en Waalres grondgebied naar Eindhoven, waar hij uitkomt in de Dommel. Het projectgebied ligt (deels) in het N2000-gebied Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux en het geheel binnen het Natuurnetwerk Brabant (Figuur 1). In het kader van natuurherstel zijn voor het Tongelreepdal ecologische herstel- en beheermaatregelen benoemd om de effecten van stikstof op natuur te verminderen en het herstel en uitbreiding van de gewenste habitattypen in gang te zetten. De percelen behorende tot het projectgebied staan op de provinciale beheertypenkaart als kruiden- en faunarijk grasland (N12.02) of 'nog om te vormen landbouwgrond naar natuur' (N00.01). Op de provinciale ambitiekaart staat het te onderzoeken deelgebied ten westen van de Tongelreep als vochtige heide (N06.04).

De opdrachtgever verwacht dat de percelen sterk vermest zijn en het indicatieve onderzoek is bedoeld om deze verwachting te bevestigen dan wel te ontkrachten. Hoge nutriëntenconcentraties kunnen de ontwikkelingsmogelijkheden van P-gelimiteerde, soortenrijke vegetatietypen belemmeren. Om beter zicht te krijgen in de potenties voor de ontwikkeling van vochtige heide (N06.04) of droge heide (N07.01) werd dit onderzoek uitgevoerd. Het onderzoek is gericht op de bodem- en grondwaterkwaliteit. Het uitvoeren van een (ecohydrologische) systeemanalyse en het opstellen van een inrichtingsplan maken geen deel uit van het onderzoek.

In een eerder uitgevoerd onderzoek door B-WARE in 2010 (PR-10.051-2010.41) zijn ter hoogte van Bruggerhuizen een aantal percelen bemonsterd. De resultaten van dit onderzoek (enkel de locaties die binnen het huidige onderzoeksgebied vallen) staan in de bijlage.

Op 12 locaties (locatie 6 is komen te vervallen als gevolg van het ontbreken van toestemming voor bemonstering; dit betreft echter een perceel dat in het verleden ook als maisakker is gebruikt waardoor de potenties door de opdrachtgever beperkt worden geacht) op de voormalige landbouwgronden werden profielbeschrijvingen uitgevoerd en bodemmonsters verzameld. Het betreft een grove quickscan. De totale oppervlakte van het onderzoeksgebied bedraagt circa 70 hectare. De monsterdichtheid en monsterlocaties werden aangegeven door de opdrachtgever. Op een aantal van deze locaties is ook freatisch grondwater verzameld. Op 5 locaties zijn oppervlaktewatermonsters genomen. Het bodem- en hydrochemisch onderzoek is nodig om de kansen en knelpunten vast te kunnen stellen voor de ontwikkeling van de fosfaatarme natuurtypen. Hierbij wordt geadviseerd over concrete inrichtingsmaatregelen (plaggen, bekalken, inbrengen maaisel) en toekomstig beheer (verder verschralen dan wel start- en ontwikkelingsbeheer na plaggen). Door middel van dit onderzoek kunnen zones in beeld worden gebracht waar door middel van een beperkte plagdiepte veel winst kan worden behaald. Tevens wordt duidelijk in welke zones een verschralingsbeheer perspectief biedt en wordt duidelijk op welke plekken het ambitieniveau kan worden bijgesteld en wellicht beter voor een voedselrijkere ruigte (met grote grazers) kan worden gekozen. Met behulp van de resultaten van dit onderzoek kan de opdrachtgever in elk geval gericht keuzes maken bij de gebiedsontwikkeling. Voor een extrapolatie naar perceeldekkende maatregelen zullen waarschijnlijk aanvullende boringen/analyses nodig zijn.

1.2 Onderzoeksvragen bodem- en hydrochemisch onderzoek

Op basis van de onderzoeksresultaten wordt aangegeven op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor soortenrijke natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschralingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.

Door middel van het onderzoek worden de volgende vragen beantwoord:

1. Wat zijn de bodem- en hydrochemische condities op de boorlocaties?
2. Wat is de bodemopbouw op de boorlocaties?
3. Wat zijn de P-concentraties in de toplaag en wat is de verschralingsduur voor de ontwikkeling van vochtige of droge heide?
4. Tot op welke diepte is de bodem verrijkt met fosfor, wat is de geadviseerde ontgrondingsdiepte voor de ontwikkeling van vochtige of droge heide?

5. Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen voor de ontwikkeling van de beoogde natuurbeheertypen?
6. Welke natuurpotenties zijn er concreet op basis van de bodemchemie, de grondwaterstanden en de (grond)waterkwaliteit?
7. Indien heideontwikkeling niet tot de mogelijkheden behoort, welke alternatieve natuurpotenties zijn er wel aanwezig? Hierbij zal ontwikkeling van bos ook worden meegenomen.
8. Biedt de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit kansen voor de beoogde ontwikkeling op de voormalige landbouwgronden of vormt deze een knelpunt?
9. Zijn er aanvullende onderzoeken noodzakelijk of wenselijk?

Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de verschralingsmogelijkheden en natuurpotenties op basis van de bodemchemische omstandigheden en het bodemtype. Daarnaast zijn ook de grondwaterkwaliteit en (variatie in) grondwaterstanden van invloed op de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Deze (geo)hydrologische aspecten maken echter geen (of in onvoldoende mate) onderdeel uit van dit onderzoek. De resultaten uit dit onderzoek kunnen sterk bepalend zijn voor de keuzes die bij de gebiedsinrichting gemaakt worden. De keuze van de uiteindelijke inrichtingsmaatregelen is echter niet alleen afhankelijk van de kansrijkdom qua bodemchemie. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. Een ontgronding kan bijvoorbeeld een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

1.3 Leeswijzer

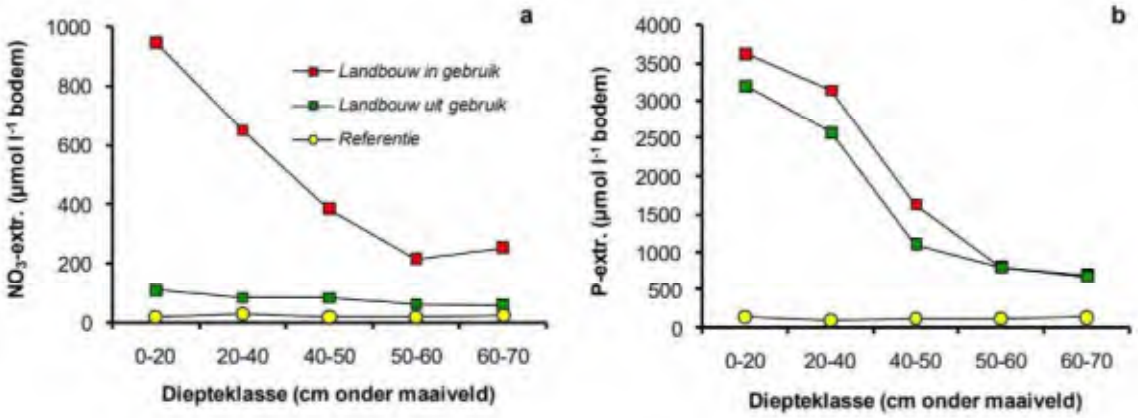
In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden en in hoofdstuk 3 worden de toegepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 4 wordt de abiotiek van beoogde natuurtypes besproken. De resultaten van het bodemchemisch en hydrochemisch onderzoek worden in hoofdstuk 5 beschreven inclusief de kansen voor de natuurontwikkeling plus de mogelijke (inrichtings)maatregelen die daarvoor nodig zijn. In hoofdstuk 6 worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen beschreven. Hoofdstuk 7 bevat een overzicht van de gebruikte literatuur en hoofdstuk 8 de bijlagen.

2. NATUURONTWIKKELING OP LANDBOUWGRONDEN

2.1 Natuurontwikkeling: belang van fosfaat

De kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de beschikbaarheid van nutriënten als fosfor (P) en stikstof (N). Stikstoflimitatie is moeilijk te bereiken vanwege de hoge stikstofdepositie in Nederland en ook omdat onder relatief stikstofarme omstandigheden stikstofbindende soorten zich sterk uitbreiden. Het is daarom van belang om te sturen op fosforlimitatie.

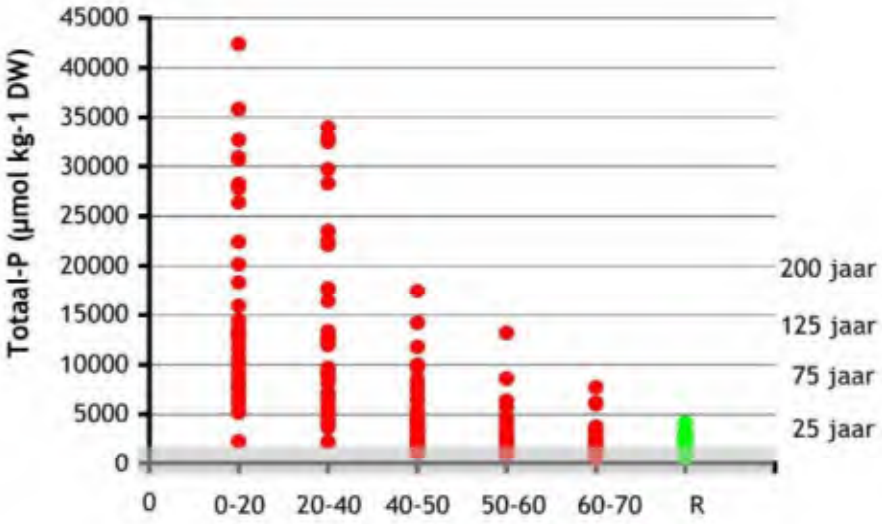
Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Figuur 3; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006). Fosfor daarentegen wordt sterk in de bodem gebonden en de fosforbeschikbaarheid neemt na beëindiging van het agrarische gebruik niet sterk af (Figuur 3; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Het is daarom van belang om met maatregelen de beschikbaarheid van fosfor in de bodem te reduceren (zie paragraaf 2.2).



In tegenstelling tot stikstof neemt de fosforbeschikbaarheid niet door uitspoeling sterk af. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde uitgangssituatie te krijgen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd) (Figuur 3; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag meestal onontkoombaar. Hierbij is het belangrijk om vast te stellen tot hoe diep ontgrond moet worden om een voldoende P-arme uitgangssituatie te creëren. Dit kan door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten (Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; van Mullekom e.a., 2013).

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders e.a., 2006). In de bodem zorgen geoxideerde ijzerverbindingen (ijzer(hydr)oxiden; roest) in belangrijke mate voor de vastlegging

van fosfaat. Onder natte condities kan er geen zuurstof meer in de bodem doordringen waardoor geoxideerde ijzerverbindingen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen.



Figuur 4. Totaal-P concentraties in verschillende voormalige landbouwgronden (rood) en referentiegebieden (R, groen). Op de X-as wordt de diepte in cm weergegeven waarop de monsters zijn genomen. Het grijze gebied geeft de streefwaarde van 2500 µmol totaal-P per kilogram droge bodem. Rechts wordt het aantal jaren gegeven dat nodig is om de totaal-P waarden te laten dalen tot deze referentiewaarde door middel van maaien en afvoeren, aannemende dat er 10 kg P per hectare per jaar kan worden afgevoerd. Bron: Smolders e.a. (2006).

2.2 Verschralingsmaatregelen bij natuurontwikkeling

Verschraling (limitatie van voedingsstoffen) op voormalige landbouwgronden kan op verschillende manieren bereikt worden. De verschillende gangbare methoden worden in de volgende alinea's beknopt toegelicht en kunnen met elkaar gecombineerd worden:

Extensieve begrazing

Bij extensieve begrazing worden nutriënten opgenomen door grazers. Via mest en urine komen ze dan elders weer vrij. Probleem hiervan is echter dat dit vooral leidt tot herverdeling van nutriënten binnen het gebied en veel minder tot de afvoer van nutriënten. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*), niet of weinig gegeten, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009).

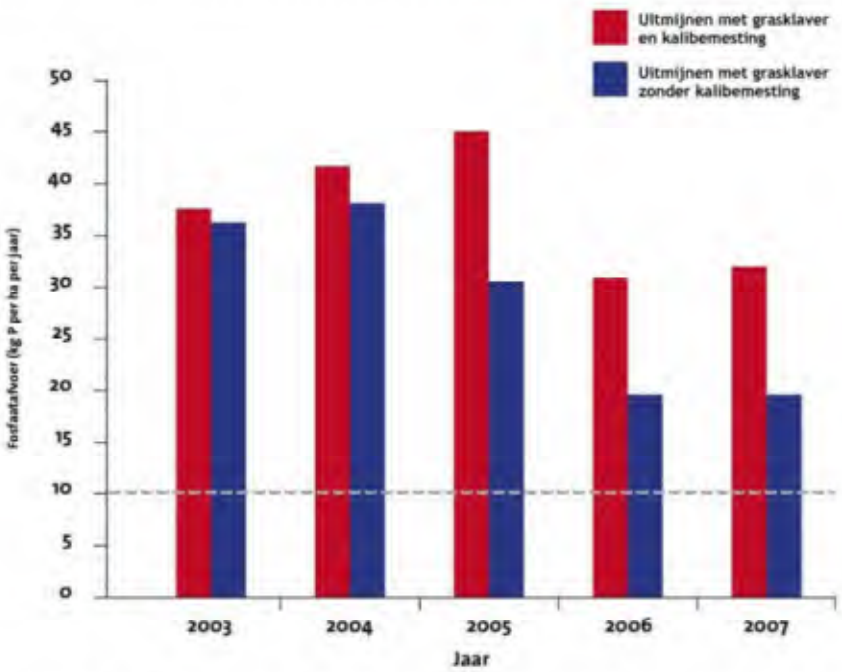
Intensief beheer met maaien en afvoeren

Intensief beheer in de vorm van maaien en afvoeren levert in veel gevallen voldoende resultaat op om de bestaande (gewenste) vegetaties in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal worden afgevoerd, waardoor ze uit het systeem worden onttrokken (Smolders e.a., 2006). Echter, bij landbouwgronden, die intensief zijn bemest, is deze vorm van beheer niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem snel te verlagen. Het kan vele jaren duren, bij sterk bemeste percelen vaak tot 200 jaar, voordat zoveel nutriënten zijn verwijderd dat er sprake is van een voedselarme bodem (Figuur 4, Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005).

De verschralingsduur voor maaien en afvoeren is in deze rapportage berekend op basis van het verschil tussen de actuele totaal-P concentratie en de totaal-P streefconcentratie, uitgaande van een P-afvoer van 10 kg hectare per jaar (Chardon, 2008). De streefconcentratie voor totaal-P is hierbij niet op een standaardwaarde vastgesteld, maar berekend aan de hand van de streefwaarde voor Olsen-P en de actuele beschikbare P-fractie (Olsen-P/totaal-P-ratio). Stel dat de actuele P-fractie 0,1 is (10% van het totaal-P is beschikbaar P), dan is bij een streefwaarde van 500 µmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ((0,5/10) x 100). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem de actuele P-fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ((0,5/5) x 100). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschralingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschralingsduur 10-20% lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschraling in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschralingsduur eerder hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschralingsduur. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 3 mmol/l Voor uitmijnen kan de verschralingsduur op dezelfde wijze berekend worden, maar dan wordt uitgegaan van een P-afvoer van 40 kg hectare per jaar. Wanneer aanvullend verschralingsbeheer vereist is betekent dit dat er onvoldoende voedselarme condities zijn gecreëerd bij de inrichting. Hierdoor is er een kans op verruiging in de vorm van pitrusontwikkeling onder vochtige tot natte omstandigheden. De verschralingsduur via maaien en afvoeren is 4 keer zo lang als de duur via uitmijnen. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld.

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschraling door middel van een gewas waarvan de productie op peil wordt gehouden door middel van aanvullende bemesting opdat de afvoeren van het doelnutriënt (fosfor) maximaal is. Door middel van het zaaien van grasklaver in combinatie met kalibemesting en een maaibeheer kan fosfaat versneld (40 kg P/ha/jaar: 4x sneller als met maaien en afvoeren) aan de bodem worden onttrokken (Timmermans & van Eekeren, 2012). Klaver houdt met haar stikstofbinding de productie gaande en kalibemesting wordt gebruikt om klaver optimaal te laten groeien. Ook met deze beheersmaatregel duurt het op voormalige landbouwgronden vaak tientallen jaren voordat het gewenste verschralingsniveau is bereikt (van Mullekom e.a., 2013). Het uitmijnen kan versneld worden door het verwijderen van de extreem voedselrijke toplaag.



Figuur 5. Fosfaatafvoer (in kg fosfor per ha per jaar) door uitmijnen met grasklaver (klaver voor het vastleggen van stikstof) en kalibemesting en met grasklaver zonder kalibemesting (start eind 2002). De fosfaatafvoer werd bereikt door het maken van vier tot vijf maaisneden per jaar. Na enkele jaren daalt de afvoer van fosfaat in het deel zonder aanvullende kalibemesting. Stikstof- en kalibronnen zijn nodig voor een hoge fosfaatafvoer. Op de lange termijn is de gemiddelde afvoer bij uitmijnen ongeveer 40 kg fosfor per ha per jaar. Dit komt overeen met circa 90 kg fosforpentoxide (P_2O_5) per ha per jaar. Met jaarlijks eenmalig maaien en afvoeren kan een fosfaatafvoer van ca. 10 kg P per ha per jaar worden bereikt (grijze stippellijn). Bron: Timmermans & van Eekeren (2012; 2016).

Ontgronden

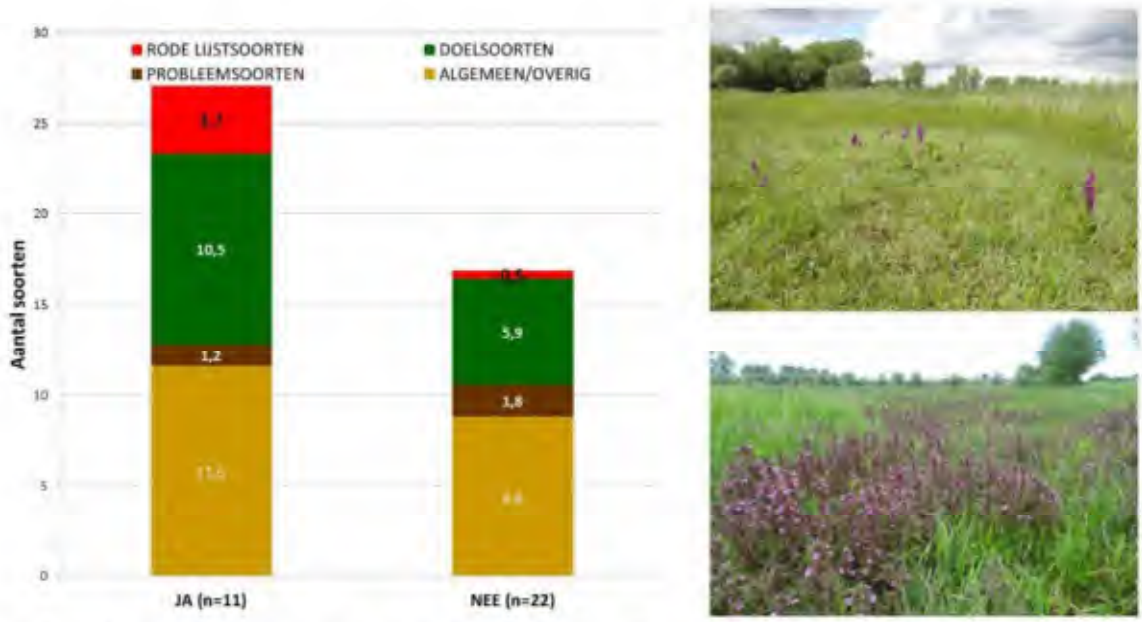
Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (Smolders e.a., 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het fosfaatfront bepaald worden. Dit komt namelijk niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (Smolders e.a., 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem terecht komen. Door middel van ontgronding kan een snelle verschraling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom e.a., 2007; 2013). Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven echter sterk verstoord (zie o.a. Tsiafouli e.a., 2015; Bobbink e.a., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig, zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgronding van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

60226 0015

2.3 Aanvullend advies

Herintroductie

Na het verwijderen van de P-verrijkte toplaag is het vaak nodig om nog een aantal jaren aanvullend verschralingbeheer te plegen door middel van maaien en afvoeren. Begrazen houdt het terrein wel open maar leidt nauwelijks of niet tot een verdere verschraling van het terrein. Nadat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd is er vaak nog geen sprake van de gewenste vegetatieontwikkeling. Met name de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over. Door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat nitraat werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (van Mullekom e.a., 2009; 2013).



Figuur 6. Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015. Op 33 locaties zijn vegetatieopnames gemaakt in gebieden waar door middel van ontgronding (minimaal 4 jaar geleden) voedselarme condities zijn gecreëerd op voormalige landbouwgronden ten behoeve van schraallandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel (11 locaties) en geen (22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgronding, heeft plaatsgevonden. De soorten zijn verdeeld over vier klassen: Rode Lijstsoorten, Doelsoorten, Probleemsoorten en Algemene/overige soorten. Bron: Onderzoekcentrum B-WARE. Rechts: Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalland met onder ander Moeraskartelblad, Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blauwe knoop, Vetblad, Heidekartelblad, Gevlekte orchis, Welriekende nachtorchis, Brede orchis en Moeraswespenorchis door middel van het afgraven van de voedselrijke toplaag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's: 5.1.2e

Wanneer plagsel (Figuur 7) wordt gebruikt voor herintroductie worden tevens mycorrhiza's (schimmels die planten helpen bij de opname van voedingsstoffen op voedselarme gronden) van de doelsoorten en andere essentiële bodem micro-organismen in het gebied geïntroduceerd (Bobbink e.a., 2016). Zonder introductie van doelsoorten is de kans op vestiging van deze soorten te verwaarlozen indien er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska e.a., 2007). Het herintroduceren van doelsoorten (eventueel één of twee opeenvolgende jaren

herhalen zolang de zode nog niet gesloten is) uit zo lokaal mogelijke bronnen (in verband met de genetische diversiteit en de aanpassing aan lokale omstandigheden) leidt onder de juiste bodemchemische en hydrologische omstandigheden tot een succesvol herstel van ontgronde terreinen (Figuur 6).

Figuur 7. Het uitstrooien van heideplagsel en het resultaat na vier jaar. Foto's: 5.1.2e Stichting Het Limburgs Landschap.

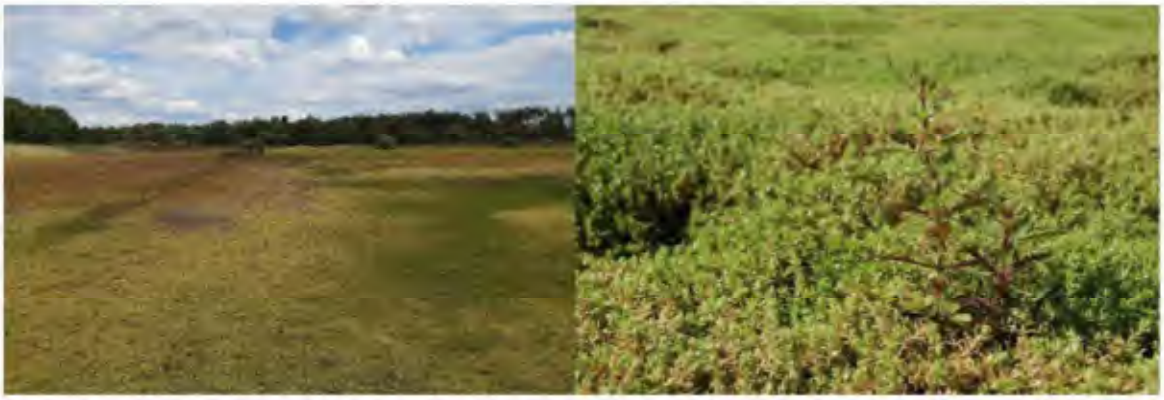
Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel (Figuur 7) waarbij idealiter 1 m^2 vers verzameld maaisel over 1(-2) m^2 bodem wordt verspreid. Wanneer dit niet mogelijk is, kan het maaisel in een lagere dichtheid of in kleinere over het gebied verspreide zones worden opgebracht. Wanneer vers plagsel of bodemmateriaal (indicatie dichtheid: 1 m^2 verspreiden over 15-25 m^2) uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhiza schimmels) geïntroduceerd.

Het aanbrengen van maaisel of plagsel op een dichte zode is geen geschikte maatregel door het ontbreken van vestigingsplekken. Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.

Opgemerkt dient te worden dat de lokale ontwikkeling van ruigtes op zichzelf niet nadelig is en zelfs kan bijdragen aan de diversiteit van een gebied. Vlinders, sprinkhanen, vogels en kleine zoogdieren kunnen hiervan profiteren.

Beperken risico op groei van watercrassula

Wanneer na een ontgronding nog sprake is van te voedselrijke omstandigheden is het risico op ongewenste uitbundige groei van watercrassula ook groter (Figuur 8). Wanneer sprake is van voedselarme omstandigheden dan is dit risico kleiner. Mocht watercrassula alsnog tot ontwikkeling komen dan is de totale biomassa veelal lager. Ook de inundatie met voedselrijk water kan de ontwikkeling van watercrassula stimuleren. Overigens kunnen zowel de verruiging met pitrus als de woekering van watercrassula worden beperkt door doelsoorten/concurrenten in te brengen (Brouwer et al., 2017). Dit bevestigt de noodzaak van het inbrengen van maaisel na het uitvoeren van een ontgronding.



Figuur 8. Watercrassula is een invasieve exoot plantensoort die met name in natte en vochtige, zandige natuurgebieden inheemse plantensoorten verdringt. De soorten kan gaan woekeren op open plekken na een ontgronding, vooral wanneer de N-concentraties (> 40 µmol/l in het oppervlaktewater) en P-concentraties (>350 µmol/l Olsen-P in de bodem) nog te hoog zijn en/of voldoende CO_2 beschikbaar is (>200 µmol/l). Door voldoende voedselarme condities te creëren en de ontwikkeling van concurrenten (o.a. pilvaren, oeverkruid, waterpostelein, vlottende bies, knolrus, veenmos, veelstengelige waterbies en moerashertshooi) te stimuleren kan het risico op de woekering van watercrassula worden beperkt (Van der Loop & van Kleef, 2020; Brouwer et al., 2017). Links: Heerenven (foto: 5.1.2e). Rechts: Akkereven (foto: 5.1.2e 5.1.2e).

Hydrologie optimaliseren

Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie van het systeem dient eveneens te worden geoptimaliseerd. Een eventuele ontgronding dient binnen dit (eco)hydrologische systeem te passen. Voor grondwaterafhankelijke natuurtypen is grondwaterinvloed in de wortelzone of het maaiveld vereist van circa oktober/november t/m maart/april om verzuring, de vorming van regenwaterlenzen en de ontwikkeling van zure vegetaties (op kansrijke locaties voor (zwak) gebufferde schraallande/hooilanden) tegen te gaan. In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de grondwaterstanden (GLG en GHG) die passen bij verschillende vochtige tot natte natuurtypen.

De afvoer van grond- en/of regenwater is een belangrijke vereiste: er dient doorstroming plaats te vinden in plaats van stagnatie. Op plekken waar regenwater stagneert kunnen veenmossen gaan domineren, vooral op gebufferde bodems omdat hier veel CO_2 beschikbaar komt. Inundatie met P-rijk oppervlaktewater en/of de afzetting van P-rijk slib kan echter tot verrijking en daarmee tot verruiging leiden. In de zomer dient de toplaag droog te vallen om P-binding te stimuleren en verruiging te voorkomen. In verband met het veranderende klimaat (extremere weersomstandigheden) wordt geadviseerd de hydrologische omstandigheden (bij vernatting) regelbaar te maken.

Tabel 1. Gemiddelde hoogste (GHG) en laagste (GLG) grondwaterstand, pH-H_2O en fosfaatconcentraties in de bodem van enkele natte (grondwaterafhankelijke) natuurbeheertypen (optimumranges). Droge natuurbeheertypen, zoals droge heide en droog heischraal grasland, zijn niet afhankelijk van grondwaterinvloed. Bronnen: Ertsen e.a. (2005); Onderzoekcentrum B-WARE, niet gepubliceerde data; De Becker (2004). Onder zeer ijzerrijke omstandigheden kunnen bij een optimale ontwikkeling ook hogere fosforconcentraties voorkomen (aangegeven tussen haakjes).

Natuurbeheertype	Specificatie	GHG (cm)	GLG (cm)	pH-H2O	Olsen-P (umol/l FW)	totaal-P (mmol/l FW)
Hoogveen		10 + mv	5 -mv	3.5-5	100-300	0.5-2.5
Vochtige heide		10+ tot 20- mv	20- tot 50- mv	3.5-5	100-500	0.5-2.5
Schraalgrasland	Nat heischraal grasland	0 tot 40- mv	40- tot 120 - mv	4.5-6	150-400	1-3
	Kleine zeggenmoeras (Verbond van Zwarte zegge)	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	4.5-6.5	100-500	1-6
	Blauwgrasland	0 tot 25- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	200-500	2-10 (tot 20)
Vochtig hooiland	Dotterbloemhooiland / Veldrusschraalland	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
Moeras	Grote zeggenmoeras	20+ tot 0 mv	10+ tot 50- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
	Rietmoeras	20+ tot 0 mv	10+ tot 40- mv	>5	-	-
Hoog- en laagveenbos	Berkenbroekbos	10+ tot 0 mv	40- tot 80- mv	<5	200-600	1-5
	Elzenbroekbos	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	300-800 (tot 1200)	5-20 (tot 50)

60226 0015

3. MATERIAAL EN METHODEN

3.1 Veldwerkzaamheden bodem- en hydrochemisch onderzoek

Monstername

Op 20 oktober 2021 werden op 12 locaties boringen gezet tot op 150 cm-mv. Locatie 6 is komen te vervallen als gevolg van het ontbreken van toestemming voor bemonstering op het betreffende perceel. De locaties werden in overleg met de opdrachtgever geselecteerd op basis van de actuele en historische perceelverdeling, hoogteverschillen in het landschap en variatie in het bodemtype. Op verzoek van de opdrachtgever is voor een relatief grof boorplan gekozen. Een monsterdichtheid van minimaal 1 locatie per hectare met een minimum van 1 locatie per (historisch) perceel is overwegend onze standaard. De boringen werden verricht met een Edelmanboor en de exacte boorlocaties werden ingemeten met een GPS (Tabel 2). Het bodemprofiel werd beschreven conform NEN 5104 door boormeester 5.1.2e van ATKB (zie Bijlage 1 voor de profielbeschrijvingen). Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en indien waarneembaar in het profiel ook de GHG en GLG (Tabel 2) geschat op basis van hydromorfe kenmerken. Daarnaast zijn op 20-21 oktober ook 5 oppervlaktewatermonsters genomen en op 7 locaties is freatisch grondwater uit het boorgat verzameld met behulp van een tijdelijke peilbuis. De locaties zijn geselecteerd op ruimtelijke variatie en variatie in grondgebruik. De foto's van de boorprofielen en gedetailleerde boorinformatie werden separaat verstuurd naar de opdrachtgever.

Tabel 2. Overzicht van de monsterdatum, coördinaten, maaiveldhoogte (m N.A.P.) landgebruik, actuele grondwaterstand (GWS; 20 oktober 2021), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) per locatie. nw = niet waargenomen in het bemonsterde profiel. Op locaties met een * erachter is ook freatisch grondwater verzameld. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 9 en Figuur 10.

LOCATIE	DATUM	X	Y	MVH	MVTYPE	GWS	GHG	GLG
1*	20-10-2021	162513	369673	26,4	akker	110	65	150
2	20-10-2021	162559	369298	26,8	akker	110	75	140
3*	20-10-2021	161976	369675	25,7	gras	80	30	100
4*	20-10-2021	161871	369450	26,3	braak	100	60	120
5	20-10-2021	162016	369378	25,6	braak	95	60	120
7*	20-10-2021	161926	368955	26,2	akker	70	30	100
8	20-10-2021	161897	368732	26,8	gras	110	80	120
9*	20-10-2021	161891	368358	26,8	gras	90	50	110
10*	20-10-2021	161977	368708	26,0	gras	50	20	80
11	20-10-2021	162040	368935	25,8	gras	60	20	80
12	20-10-2021	162427	368402	27,6	gras	130	75	nw
13*	20-10-2021	162346	368148	27,9	gras	120	90	130

Tabel 3. Overzicht van de monsterdatum en coördinaten per locatie van de oppervlaktewatermonsters.

LOCATIE	DATUM	X	Y
OW-01	21-10-2021	162032	369136
OW-02	21-10-2021	162093	369079
OW-03	21-10-2021	161873	368232
OW-04	21-10-2021	162219	369554
OW-05	21-10-2021	162053	369123

De globale bemonsteringstrategie was:

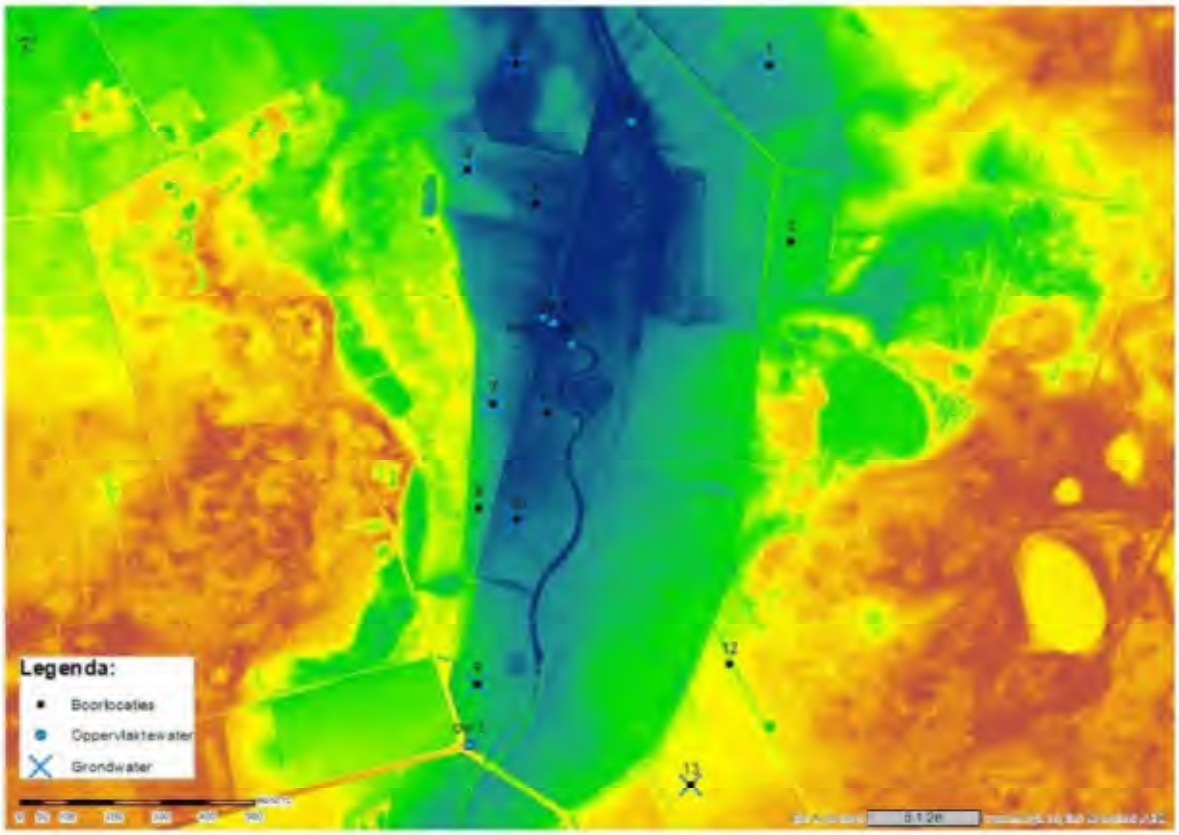
- Toplaag bouwvoor 0-20 cm-mv;
- Restant bouwvoor;
- 0-10 cm onder bouwvoor;
- 10-20 cm onder bouwvoor.

De exacte bemonsteringsdieptes zijn afgestemd op de bodemhorizonten. Hierdoor kan het zijn dat er soms van de hierboven genoemde bemonsteringsdieptes is afgeweken. De reden hiervoor is dan herleidbaar uit de beschrijving van de bodemprofielen.

De bodem- en watermonsters werden vervoerd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. Voor het in kaart brengen van verschralingsduren, ontgrondingsdieptes, natuurpotenties, aanvullende maatregelen en risico's zijn bewerkingen en analyses uitgevoerd (Olsen-extractie, destructie en zoutextractie). In totaal werden 53 bodemmonsters geanalyseerd.

In paragraaf 3.2 worden de analysemethoden nader toegelicht.

Figuur 9. Overzicht van de ligging van de bodem- en watermonsterlocaties in het onderzoeksgebied op een topografische kaart.



Figuur 10. Overzicht van de ligging van de bodem- en watermonsterlocaties in het onderzoeksgebied op een hoogtekaart (AHN3).

3.2 Chemische analyse

Voor de bodemmonsters zijn de volgende variabelen bepaald:

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid;
- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);
- pH-zout en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. ammonium, nitraat en calcium;

Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid

Het vochtpercentage van het verse bodemmateriaal werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 48 uur bij 60 °C. Omdat de bakjes precies tot aan de rand werden afgevuld (volume = 40 ml) konden later ook de concentraties worden omgerekend naar mol per liter bodemvolume. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550 °C. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Plantenbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen e.a.,1954) bepaald. Het principe van deze extractiemethode is dat natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) zorgt voor een daling van de concentratie opgeloste calciumionen via de vorming van onoplosbaar calciumcarbonaat

($CaCO_3$). Hierdoor stijgt de concentratie opgelost fosfaat. Natriumbicarbonaat brengt ook de labiele, voor planten snel beschikbare, proportie van de organische fractie in oplossing. Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4 °C bewaard tot verdere analyse. De Olsen-P concentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmateriaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2, 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milli Q water. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4 °C bewaard voor verdere analyse. Concentraties van elementen werden berekend in µmol per liter bodem.

Zoutextractie (NaCl-extractie)

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden ionen verdrongen door natrium en chloride. Met deze extractie kan onder andere de pH, ammonium- en nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden. Daarnaast kan op basis van de aluminium/calcium-ratio een goede inschatting gemaakt worden van de buffercapaciteit van de bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol l^{-1} natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 120 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het supernantant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. De elementenconcentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Analyse grondwater en oppervlaktewater

De pH werd gemeten met een standaard $Ag/AgCl_2$-elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (CO_2 en HCO_3^-) werd bepaald met behulp van infrarood gasanalyse (ABB Advance Optima IRGA). De EGV werd bepaald met een HACH EGV-probe verbonden met een HQD-meter. De monsters voor de auto-analysers werden bewaard bij een temperatuur van -20 °C tot aan de analyse. De monsters voor de ICP werden aangezuurd voor analyse en bewaard bij 4 °C.

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) in bodemextracten en watermonsters werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP; ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO_3^-) en ammonium (NH_4^+) werden colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyzer III met behulp van respectievelijk salicylaatreagens en hydrazinesulfaat. Chloride (Cl^-) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch

bepaald met een Technicon auto-analyzer III systeem met behulp van resp. mercuritiocyanide, en ammoniummolybdaat en ascorbinezuur. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Technicon Flame Photometer IV Control.

4. ABIOTIEK BEOOGDE NATUURTYPEN

Droog heischraal grasland en droge heide

Heischrale graslanden behoren tot de soortenrijke ecosystemen op de hogere zandgronden, en kunnen wel 25 tot 30 plantensoorten per m^2 herbergen. Helaas staat het heischrale grasland sterk onder druk, niet alleen in Nederland maar in heel Europa. Om zowel het areaal als de kwaliteit van heischrale graslanden te behouden en te versterken, zijn heischrale graslanden (H6030) uitgeroepen tot prioritair habitat. Dat betekent dat landen de verplichting hebben om deze graslanden te behouden en te versterken (Weijters e.a., 2020).

In Tabel 4 en Figuur 11 worden de bodemchemische condities weergegeven van goed tot slecht ontwikkelde heischrale graslanden. De slecht ontwikkelde graslanden (aantal kenmerkende soorten gemiddeld 2,0 per opname, typische soorten 0,9 per opname en geen Rode-Lijstsoorten) hadden een gemiddelde pH-NaCl van 3,5 en een concentratie uitwisselbaar calcium van gemiddeld 0,9 mmol Ca/kg bodem (Weijters e.a., 2020). Deze locaties vallen deels in de rompgemeenschap van Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*) en/of Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) (**19RG1**). In de redelijk/goed ontwikkelde graslanden (gemiddeld aantal kenmerkende soorten 6,0, typische soorten 1,8 en Rode-Lijstsoorten 3,0) was de concentratie uitwisselbaar calcium gemiddeld 5,3 mmol/kg bodem en de pH-NaCl gemiddeld 4,4. De concentratie uitwisselbaar aluminium (gemiddeld 1,3 mmol/kg bodem) verschilde niet tussen de ontwikkelingscategorieën, maar de verhouding tussen uitwisselbaar aluminium en calcium (Al/Ca-ratio) wel. Deze was in de slecht ontwikkelde droge heischrale graslanden met gemiddeld 3,5 duidelijk hoger dan in de beter ontwikkelde graslanden (gemiddeld 0,7). In de basenverzadiging is eenzelfde trend zichtbaar. De basenverzadiging was zeer laag in de slecht ontwikkelde graslanden (gemiddeld 19%), wat hoger in de matig ontwikkelde graslanden (gemiddeld 27%) en nog iets hoger in de redelijk ontwikkelde graslanden (34%) (Figuur 11). In heischrale graslanden in het buitenland worden voor de basenverzadiging overigens vaak waarden tussen de 50% en 70% gemeten.

Daarnaast moet de Olsen-P concentratie ook voldoende laag zijn (<400 µmol/kg bodem; bij een soortelijk gewicht van 1,25 kg/l komt dit overeen met <500 µmol per liter verse (zand)bodem). Verder blijkt uit de GRIP-database dat soorten als Tormentil (*Potentilla erecta*), Tandjesgras (*Danthonia decumbens*) en Muizenoortje (*Hieracium pilosella*) vrijwel alleen voorkomen op locaties waar de ammoniumconcentratie in de bodem lager is dan 200 µmol/kg bodem (Weijters e.a., 2020). Voor heideontwikkeling in het droog zandlandschap zijn de beschikbaarheid van nutriënten en de zuurgraad belangrijke sturende factoren (o.a. Bobbink 1988; De Graaf *et al.*, 2009).

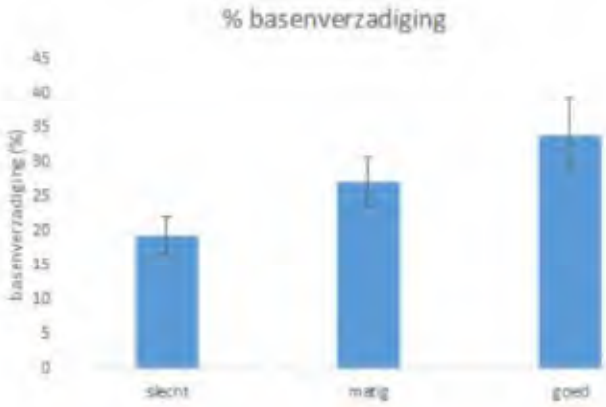
Binnen de binnenlandse droge heide (Calluno-Genistion pilosae) komen in Nederland twee associaties voor, waarvan verreweg de meest voorkomende de associatie van Struikhei en Stekelbrem (**20Aa01**: Genisto anglicae-Callunetum) is. Binnen deze associatie worden op dit moment drie subassociaties onderscheiden, waaronder de typische vorm (**20Aa01b**: Genisto anglicae-Callunetum typicum), de van oorsprong meer soortenrijke heischrale subassociatie (**20Aa01d**: Genisto anglicae-Callunetum danthonietosum) en de korstmosrijke subassociatie op vastgelegde stuifzand (20Aa01a). Steeds vaker wordt - en werd - ook de rompgemeenschap van Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) en/of Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*) (**20RG1**), een sterk gedegradeerde vorm van de droge heidevegetatie, aangetroffen (Weijters e.a., 2018).

Tabel 4. Bodemchemie van een soortenarme en soortenrijke vorm van de associatie 19Aa1 van habitattype H6230 en de bijbehorende rompgemeenschap, waarbij de pH gemeten is in een zoutextract (pH-NaCl), de uitwisselbare calciumconcentratie in µmol/kg bodem (Ca-NaCl), de aluminiumcalciumratio in mol/mol (Al/Ca-ratio), de anorganische ammoniumconcentratie in µmol/kg bodem (NH_4-NaCl) en de basenverzadiging (BV) in procenten gemeten in het strontiumextract. Bron: Weijters e.a., 2020.

		pH-NaCl	Ca-NaCl (µmol/kg)	Al/Ca-ratio	NH4-NaCl (µmol/kg)	BV (%)	P-Olsen (µmol/kg)
Associatie van Liggend walstro en Schapegras (19Aa1) soortenarm	Galio hercynici-Festucetum ovinae (19Aa1) soortenarm	3,0-3,5	800-1000	2,5-4,0	-	27%	<400
Associatie van Liggend walstro en Schapegras (19Aa1) redelijk/goed ontwikkeld	Galio hercynici-Festucetum ovinae (19Aa1) redelijk/goed ontwikkeld	3,8-5,0	2250-6000 (12.000)	<0,8	<200	34%	<400
Slecht ontwikkelde rompgemeenschap (19RG02)	RG Bochtige smele (19RG02)	3,4-3,7	500-1000	2-5	100-250 (350)	19%	

Tabel 5. Randvoorwaarden voor een soortenarme en soortenrijke vorm van twee subassociaties van habitattype H4030, waarbij de pH gemeten is in een zoutextract (pH-NaCl), de uitwisselbare calciumconcentratie in µmol/kg bodem (Ca-NaCl), de aluminiumcalciumratio in mol/mol (Al/Ca-ratio) en de anorganische ammoniumconcentratie in µmol/kg bodem (NH4-NaCl). Bron: Weijters e.a., 2018.

		pH-NaCl	Ca-NaCl (µmol/kg)	Al/Ca-ratio	NH4-NaCl (µmol/kg)
Associatie van Struikhei en stekelbrem (20Aa01)	Genisto anglicae-Callunetum (20Aa01)				
Typische sub associatie	Genisto anglicae-Callunetum typicum (20Aa01b)	2,6-4,3	400-2300	2-10	<250
soortenrijke heischrale subassociatie	Genisto anglicae-Callunetum danthonietosum (20Aa01d)	3,5-4,3	1500-4000	<2 (2,5)	<200
Vergraste rompgemeenschap	Rompgemeenschap van Pijpenstrootje en Bochtige smele (20RG1)	3,0-3,5	<1000	2-6	150-600 (1300)
Onderverdeling typische sub-associatie van Struikhei en stekelbrem (20Aa01b)	Onderverdeling Genisto anglicae-Callunetum typicum 20Aa01b				
Typische sub associatie-zonder kruiden, zeer soortenarm	20Aa01b_zeer soortenarm	2,6-3,5	400-2000	2-10	<300
Typische sub associatie- met kenmerkende kruiden, goed ontwikkeld	20Aa01b_goed ontwikkeld	>3,5	>1500	<2	<200



Figuur 11. Basenverzadiging gemeten in verschillende stadia van ontwikkeling in het vegetatietype 19Aa01: Droge heischrale graslanden in het Pleistocene zandlandschap die behoren tot de Associatie van Liggend walstro en Schapegras. Foutbalken zijn standaardfout. Bron: Grip-database Onderzoekcentrum B-WARE en Van der Zee et al., 2017.

Aan de hand van een analyse van referentiedata (GRIP database B-WARE) zijn bodemchemische randvoorwaarden opgesteld voor het voorkomen van genoemde vegetatie-eenheden (Tabel 5). Hierbij bleek dat pH-zout, de concentratie plantbeschikbaar Ca, de Al/Ca-ratio en de NH_4-concentratie de belangrijkste sturende parameters zijn voor het al dan niet voorkomen van deze vegetatie-eenheden. Naast de in Tabel 5 genoemde parameters zal ook de voor planten beschikbare fosforconcentratie voldoende laag moeten zijn voor droge heide (150-400 µmol/kg Olsen-P bodem; bij een soortelijk gewicht van 1,25 kg/l komt dit overeen met 185-500 µmol Olsen-P per liter verse (zand)bodem)(Weijters e.a., 2018). Dit is komt overeen met de Olsen-P range voor natte heide (100-500 µmol/l).

Natte heide en nat schraalland

Voor de ontwikkeling van soortenrijke vochtige tot natte natuurtypen worden de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (de totaal-P concentratie kan sterk variëren afhankelijk van de ijzer- en calciumconcentraties en/of de kleiigheid van de bodem):

- Natte heide: <(300-)500 µmol/l bodem (totaal-P veelal < 2,5-3,0 mmol/l);
- Nat schraalland: (<)300-500 µmol/l bodem;

Figuur 12. Foto van een vochtig heischraal grasland en natte heide (foto's: 5.1.2e

De kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de Olsen-P en totaal-P concentraties in de bodem (zie Hoofdstuk 2). Het bodemtype en de totale ijzer- en calciumconcentraties van de bodem zijn vooral relevant met het oog op de potentiële natuurbeheer-/habitattypen. Op calciumarme bodems (tot-Ca <10 mmol/l) ligt de ontwikkeling van natte heide voor de hand. Om de ontwikkeling van nat schraalland (N10.01) mogelijk te maken dient de bodem voldoende gebufferd te zijn. Soortenrijke vochtige heischrale graslanden (N10.01) komen over het algemeen voor bij Ca-z concentraties van 4.000-10.000 µmol/l en Olsen-P concentraties van 150-400 µmol/l (GRIP database B-WARE).

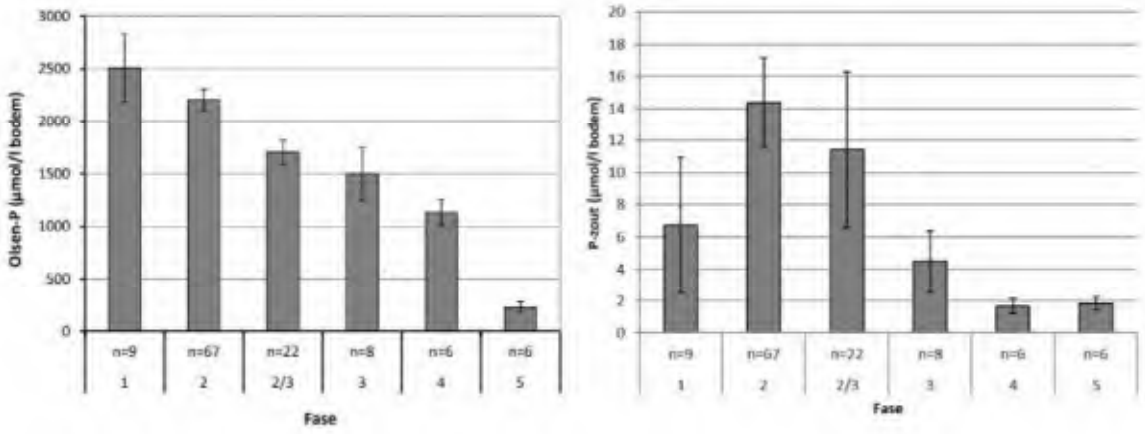
Wanneer na een eventuele ontgronding aanvullend verschralingsbeheer vereist is duidt dit erop dat de bodem na ontgronding nog niet voldoende P-arm is voor de beoogde ontwikkeling. Een aanvullend verschralingsbeheer biedt hier wel mogelijkheden om de gewenste P-concentraties binnen redelijke termijn te realiseren. Dit brengt echter ook risico's met zich mee. Onder licht/matig voedselrijke, vochtige tot natte omstandigheden kan de eerste jaren (wanneer aanvullende verschraling vereist is of wanneer voedselrijke toplagen worden vernat) verruiging met bijvoorbeeld pitrus optreden die een belemmering kan vormen voor de beoogde ontwikkeling (Figuur 13). Overigens is de pitrus op beperkt verrijkte bodems veelal ijler in vergelijking met voedselrijke bodems. Het is de vraag of dit risico wordt genomen of dat 10 cm extra wordt afgegraven waardoor de ontwikkeling van de doelvegetatie meteen kan gaan plaatsvinden en het risico op pitrusontwikkeling wordt beperkt.

Figuur 13. Pitrusontwikkeling op percelen die na inrichting nog beperkt tot matig verruigd zijn met fosfaat (Olsen-P concentraties 600-850 µmol/l). Aanvullend verschralingsbeheer biedt hier wel perspectief. Door voldoende P-gelimiteerde omstandigheden te creëren en maaisel uit een referentiegebied op te brengen kan dit worden voorkomen. Foto's: 5.1.2e en 5.1.2e

Kruiden- en faunarijk grasland

Uit onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (<900-1200 µmol/l; Figuur 14). Dit is slechts een indicatieve streefwaarde: 'kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet.

60226 0015



Figuur 14. Olsen-P (links) en P-z (rechts) concentratie in µmol/l bodem van graslandpercelen in Overijssel ingedeeld per graslandfase naar Schippers e.a. (2012). Verklaring graslandfasen (van voedselrijk naar schraal): fase 1 = raaigraslanden, fase 2 = witbolgraslanden, fase 3 = gras-kruidenmix, fase 4 = kruidenrijk grasland en fase 5 = heischraal grasland. Bron: Scherpenisse e.a. (2017).

Figuur 15. Foto's van een goed ontwikkeld droog (links; Winterswijk) en vochtig (rechts; Doetinchem) kruiden- en faunarijk grasland. Foto's: 5.1.2e

De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de meest labiele P-fractie voldoende laag is (P-z < 1-2 µmol/l) en ook de nitraatconcentratie laag is (<100-200 µmol/l).

Om op voedselrijkere gronden de dominantie van witbol te doorbreken, wordt geadviseerd witbol vroeg af te maaien, bijvoorbeeld in mei. Deze grassen bloeien namelijk voordat de zomerkruiden gaan bloeien. Op deze manier wordt gestreepte witbol actief teruggedrongen ten gunste van later bloeiende kruidachtigen. Goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden worden vaak laat in de zomer (augustus/september) gemaaid.

Overigens kunnen er op droge, voedselrijkere zandgronden ook kruidenrijkere graslanden tot ontwikkeling komen als gevolg van droogtestress en/of lage concentraties organische stof (eventueel in combinatie met tijdelijk akkerbeheer) (Dorland e.a., 2020; Eichhorn e.a., 2020). In het onderzoeksgebied zijn/worden de bodems waarschijnlijk te vochtig voor een dergelijke ontwikkeling (afhankelijk van de beoogde vernattingsmaatregelen).

Bureau Natuurbalans (contactpersoon: 5.1.2e) heeft de laatste jaren goede resultaten ondervonden met de ontwikkeling van glanshaverhooiland en kruiden- en faunarijkgrasland door middel van chopperen en gericht inzaaien op P-rijkere gronden. Door te chopperen wordt de dichte, soortenarme graszode verwijdert en ruimte gecreëerd voor de kieming van de doelsoorten. Na het chopperen wordt gericht zaadmengsel (bestaande uit zowel inheemse grassen als kruiden van

Biodivers) van glanshaverhooiland of kruiden- en faunarijkgrasland opgebracht. Deze methode bevindt zich echter nog wel in de experimentele fase, het is nog niet duidelijk of de ontwikkelde vegetaties zich op de lange termijn standhouden en waarom het op sommige gronden wel en niet werkt (mogelijk speelt stikstoflimitatie een rol).

5. RESULTATEN BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodem- en hydrochemisch onderzoek beschreven. In paragraaf 5.2 wordt het bodemtype en de bodemopbouw besproken en in paragraaf 5.3 worden de resultaten van het hydrochemisch onderzoek gepresenteerd. In paragraaf 5.4 wordt de algemene bodemchemie toegelicht. In paragraaf 5.5 worden de kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur per locatie besproken en welke maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. Ten slotte worden enkele algemene aandachtpunten bij natuurontwikkeling gegeven.

5.2 Bodemtype

De bodem in het onderzoeksgebied bestaat voornamelijk uit zand. De dikte van de bouwvoor varieert van circa 20-40 cm, maar is overwegend 30 cm dik. Onder de bouwvoor is lokaal een verstoorde A, AB of AC horizont aangetroffen. De onverstoorde, intacte C horizont wordt vaak op 50-60 cm aangetroffen, op enkele locaties nog iets dieper. Bij de adviezen per locatie zal worden beschreven tot op welke diepte de bodem verrijkt is met fosfaat. Zie Bijlage 1 voor de gedetailleerde profielbeschrijvingen per locatie.

Figuur 16. Foto's van de bodemprofielen op de locaties 1 (linksboven), 4 (rechtsboven), 5 (linksonder) en 10 (rechtsonder). De bodems zijn uitgelegd per 40 cm (kolom van boven naar beneden) tot een diepte van 150 cm-mv: linksboven ligt 0-10 cm, linksonder 30-40 cm, rechtsboven 120-130 cm-mv. Foto's: 5.1.2e.

5.3 Grondwaterstanden en waterkwaliteit

Grondwaterstanden

Welke natuurbeheertypen zich daadwerkelijk in het gebied kunnen ontwikkelen is onder andere afhankelijk van de voedselrijkdom van de bodem, de mate van buffering van de bodem, het bodemtype en de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater.

De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) ligt op de meeste locaties tussen 50-90 cm-mv. Op locaties 3, 10 en 11 ligt de GHG wat hoger, tussen 20-30 cm-mv. Deze locaties zijn gelegen in het lagere deel van het onderzoeksgebied (Figuur 10). Locatie 13 ligt op de hoge flank, hier is de GHG ook het laagst, 90 cm-mv. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) ligt tussen 80-140 cm-mv.

Bij de ontwikkeling van vochtige heide past een GHG van 10 cm boven tot 20 cm onder maaiveld en een GLG van 20-50 cm-mv (Tabel 1).

Door het uitvoeren van vernattingsmaatregelen (sloten dempen of verondiepen) of een maaiveldverlaging (P-rijke toplaag afgraven; mits passend in het ecohydrologisch systeem) kan de grondwaterinvloed in maaiveld worden vergroot. Dit (eco)hydrologische aspect maakt geen onderdeel uit van het onderzoek. Zie Tabel 2 voor een overzicht per locatie.

Waterkwaliteit

De grondwaterkwaliteit is eveneens van invloed op de vegetatieontwikkeling in een gebied. Grondwater kan zorgen voor de aanrijking van basen. Een goede parameter voor de mate van buffering is de bicarbonaatconcentratie (HCO_3^-) van het grondwater (vergelijkbaar met de alkaliniteit, deze wordt door ons niet gemeten in grondwater). Wanneer tevens ijzer wordt aangevoerd kan dit leiden tot fosfaatimmobilisatie. Daarnaast kan de aanvoer van fosfor, nitraat, ammonium en/of sulfaat (indirect) van invloed zijn op de voedselrijkdom.

Door te zorgen voor voldoende afvoer van regenwater middels zeer ondiepe, reguleerbare greppeltjes of via laagtes in het landschap (mits deze laagte hydrologisch optimaal functioneert) wordt voorkomen dat het grondwater lokaal wordt verdund of 'weggedrukt' door regenwater. Het is zaak voldoende doorstroming te creëren met droogval van de toplaag in de zomerperiode.

Voor het (indicatieve) hydrochemische onderzoek werden enkele grond- en oppervlaktewatermonsters in het gebied verzameld en geanalyseerd (zie Tabel 3). De resultaten worden weergegeven in Tabel 6. De kwaliteit van het freatische grondwater is nu waarschijnlijk ook (deels) beïnvloed door het landbouwkundig gebruik.

Tabel 6. Kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater in het Tongelreepdal. De concentraties zijn weergegeven in µmol/l met uitzondering van de pH, alkaliniteit (alk) in meq/l, EGV = Elektrisch Geleidingsvermogen in µS/cm en Fe/P ratio in mol/mol. De monsters zijn op 20-21 oktober 2021 verzameld.

Code	Type	pH	Alk	EGV	CO_2	HCO_3^-	Al	Ca	Fe	Mg	P	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{3-}	Na^+	K^+	Cl^-
OW 1	OW	6,1	0,8	63	1033	595	18	493	78	116	4	243	2	14	0,2	312	55	308
OW 2	OW	7,0	1,5	347	350	1375	8	896	55	260	14	480	102	40	1,0	935	218	1111
OW 3	OW	6,4	0,6	131	479	531	39	401	57	73	6	163	1	52	0,4	256	63	285
OW 4	OW	7,0	1,6	385	334	1524	1	913	12	254	5	506	74	179	0,9	1082	208	1232
OW 5	OW	7,0	1,1	309	237	992	2	679	7	248	13	439	36	12	6,0	901	233	1030
GW 1	GW	6,9	-	869	1574	5237	19	3281	5	729	4	1211	1025	3	-	1580	433	1328
GW 3	GW	6,3	-	242	1957	1773	103	1005	130	324	17	225	<1	38	-	484	106	249
GW 4	GW	5,7	-	175	3231	677	73	651	4	76	1	283	96	2	-	109	251	258
GW 7	GW	6,1	-	415	1729	907	49	814	2	668	1	525	1052	3	-	707	448	961
GW 9	GW	6,1	-	222	1045	559	402	590	6	99	14	118	690	206	-	213	537	317
GW 10	GW	6,0	-	206	2722	1262	65	883	35	181	5	233	<1	8	-	246	93	265
GW 13	GW	5,2	-	69	790	53	1189	283	21	82	11	146	10	11	-	64	52	202

De buffering van het grondwater in het onderzoeksgebied ligt op de meeste locaties tussen 500-1500 µmol/l HCO_3^-, het grondwater is dus overwegend zwak tot matig gebufferd en geschikt voor de ontwikkeling van heide of heischraal grasland onder de juiste bodemchemische condities. Vooral het grondwater op locatie 13, gelegen op een hogere flank, is nauwelijks gebufferd (53 µmol/l HCO_3^-) en lijkt vooral infiltrerend regenwater. Enkel op locatie 1 in het noorden van het gebied, ten oosten van de beek, is het grondwater zeer sterk gebufferd (pH 6,9; 5237 µmol/l HCO_3^-).

Daarnaast is het grondwater op bijna alle locaties ijzerarm tot zwak ijzerhoudend (2-35 µmol/l), enkel op locatie 3 is het grondwater rijk aan ijzer (130 µmol/l). De Fe/P ratio is overwegend groter dan 1, behalve op locatie 9. Dit is positief: als er meer ijzer dan fosfor (in grondwater wordt naar totaal-P gekeken in plaats van ortho-P) in het grondwater zit is de kans op verruiging kleiner.

Het grondwater uit locatie 1 (maisakker) toont opvallend hoge natrium en chloride concentraties (1580 µmol/l en 1328 µmol/l). Op deze plek is ook de sulfaatconcentratie verhoogd (1211 µmol/l). Daarnaast zijn lokaal verhoogde fosforconcentraties te zien (locaties GW 3, 9, 13: 11-17 µmol/).

Er zit veel nitraat in het grondwater op locaties GW 1, 7 en 9 (690-1025 µmol/l). Dit kan verklaard worden door het feit dat deze locaties (mais)akkers zijn of in de buurt van akkers liggen. Uit akkers spoelt overwegend meer nitraat makkelijker uit naar het grondwater in vergelijking met graslanden. De piek van de nitraatuitspoeling (als het stikstofoverschot uit de landbouwgronden spoelt) ligt meestal tussen november en januari en begint in het najaar als het gewas minder groeit en de neerslag toeneemt. Nitraatuitspoeling kan leiden tot een afname van de concentraties opgelost ijzer in grondwater doordat gereduceerd (goed oplosbaar) ijzer dieper in de bodem onder invloed van nitraat wordt geoxideerd. IJzerhoudend grondwater is in natte natuurgebieden belangrijk voor het immobiliseren van fosfaat (bij een wisselend/natuurlijk waterpeil). Daarnaast kan nitraatuitspoeling leiden tot sulfaatmobilisatie als gevolg van de oxidatie van pyriethoudende (FeSx-verbindingen) bodemlagen.

60226 0015

Figuur 17. Foto's van de oppervlaktewater locaties (OW 1: links; OW 5: rechts). Foto's: 5.1.2e .

Wanneer we naar de waterkwaliteit van de beek (OW 2, 4 ,5) en de sloot aan de westzijde (OW 1 en 3) kijken, zien we dat het oppervlaktewater (stromend in noordelijke richting) matig tot goed gebufferd is (pH 6,1-7,0, alkaliniteit 0,6-1,6 meq/l, 237-1033 µmol/l HCO_3^-). Lokaal zijn verhoogde nitraat- (OW 2: 102 µmol/l) en ammoniumconcentraties gemeten (OW 4: 179 µmol/l). Daarnaast is het oppervlaktewater matig verrijkt met sulfaat (163-506 µmol/l). Het oppervlaktewater is fosfaatarm (0,21-0,98 µmol/l PO_4^{3-}), enkel op locatie OW 5 is de fosfaatconcentratie verhoogd (6,05 µmol/l) maar relatief rijk aan totaal-P.

Een uitgebreide hydrologische analyse maakt geen onderdeel uit van het onderzoek. De focus ligt op het bodemchemische aspect. Het is belangrijk om te realiseren dat het slecht een eenmalige meting van de waterkwaliteit betreft. Zowel de grond- als oppervlaktewaterkwaliteit kan variëren in de tijd.

5.4 Algemene bodemchemie

Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid voldoende laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P concentratie een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen worden de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (de totaal-P concentratie kan sterk variëren afhankelijk van de ijzer- en calciumconcentraties en/of de kleiigheid van de bodem):

- Heide: 100-500 µmol/l bodem (totaal-P veelal <2,5 mmol/l), soortenrijk bij Ca-z ±1500-4000 µmol/l, pH-z >3,5, Al/Ca <2, NH_4-z <200 µmol/l);
- Heischraal grasland: 100-400 µmol/l bodem (Ca-z 4.000-10.000 µmol/l);
- Kruiden- en faunarijk grasland: >1200 µmol/l bodem (mits P-z < 2 µmol/l en nitraat <100 µmol/l).

De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem weer waarvan een (groot) deel op termijn weer beschikbaar kan komen voor planten (zeker bij een verandering van de redoxtoestand van de bodem door het nemen van vernattingsmaatregelen). Vanwege het feit dat planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties (gehalten) in deze rapportage uitgedrukt per liter verse bodem.

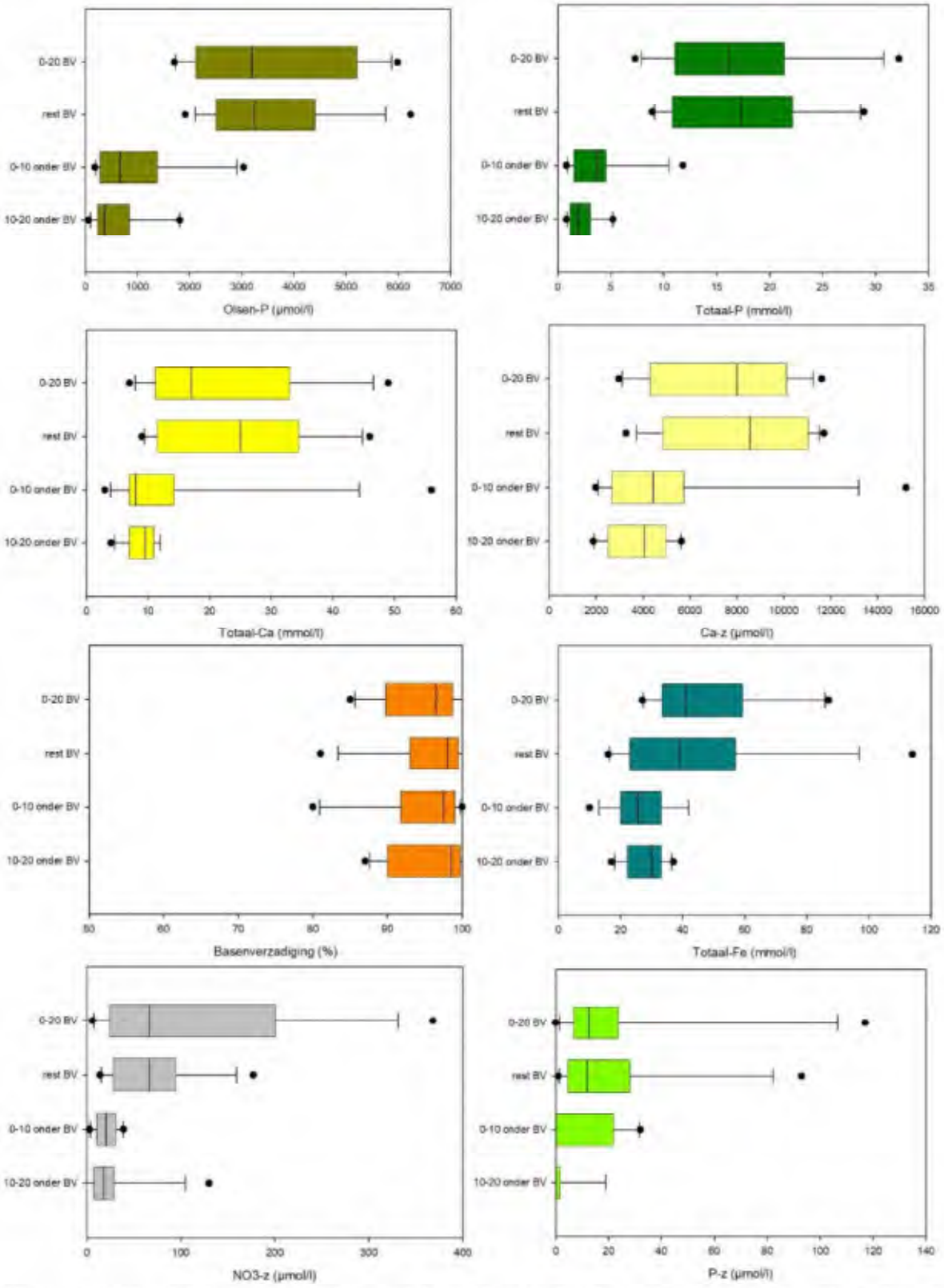
Om een beeld te krijgen van de bodemchemische trends in de diepte, zijn boxplots opgesteld voor enkele relevante parameters (Figuur 18). Hierbij is een onderscheid gemaakt in de toplaag van 0-20 cm-mv (AP-horizont), het restant van de bouwvoor (AP-horizont) en de twee bodemlagen onder de bouwvoor (0-10 en 10-20 cm onder de bouwvoor).

Op deze manier wordt duidelijk of er een gradiënt qua voedselrijkdom aanwezig is in de bouwvoor, of de bodem onder de bouwvoor al voldoende voedselarm is en of er sprake is van P-uitspoeling onder de bouwvoor en hoe deze concentraties zich verhouden tot de streefconcentraties. Bij het advies zal hier specifieker op worden ingegaan per locatie.

De toplaag van de bodems is verrijkt is met fosfaat (plantbeschikbaar fosfaat: ca. 2000-5200 µmol/l Olsen-P en 12-23 mmol/l totaal-P). De P-concentraties nemen af in de diepte. In de onderkant van de bouwvoor zijn nauwelijks lagere P-concentraties gemeten. Onder de bouwvoor zijn de P-concentraties fors lager, maar lokaal nog altijd hoger dan de streefconcentraties van 500 µmol/l Olsen-P en 2,5-3,0 mmol/l totaal-P. Dit duidt erop dat de bodem onder de bouwvoor in het verleden verstoord is (mogelijk is er incidenteel dieper geploegd) of dat er sprak is van P-uitspoeling uit de zandbodem onder relatief calcium- en ijzerarme condities (ca. 10-20 mmol Ca/l en 30-40 mmol Fe/l).

De toplaag van de bodems is sterker verrijkt met calcium, waarschijnlijk als gevolg van bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik. In de onderkant van de bouwvoor zijn de concentraties hoger dan in de toplaag: in de toplaag leiden verzurende oxidatieprocessen als gevolg van onder andere bemesting (oxidatie van ammonium genereert zuur) tot wat lagere concentraties.

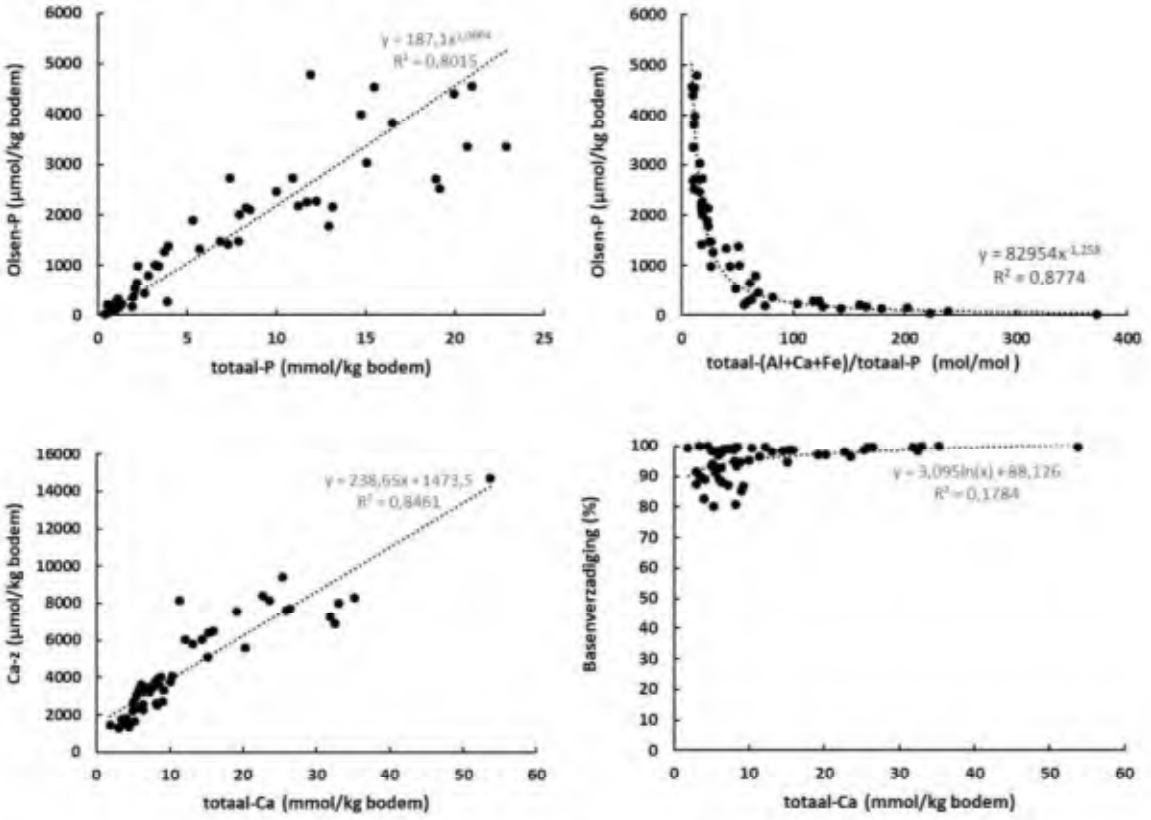
Met het afgraven van fosfaat wordt ook ijzer (hoogste concentraties in de toplaag) en calcium/buffering (hoogste in de toplaag) afgevoerd. Wanneer P-arme condities worden gecreëerd op de voormalige landbouwgronden zal de bodem desondanks een hogere basenverzadiging en hogere concentraties totaal en uitwisselbaar calcium hebben in vergelijking met verzuurde bosbodems. Dit biedt eventueel ook perspectief voor de ontwikkeling van zwak gebufferde natuur op voormalige landbouwbodems (vochtig heischraal grasland) of soortenrijke heide. Op de lange termijn is het van belang dat de bodems niet verder uitlogen als gevolg van zure depositie (droge locaties; ook N-verrijking is ongewenst) en dat er eventueel aanrijking van basen via het (zeer) zwak gebufferde grondwater plaatsvindt op plekken waar vochtige tot natte natuur wordt ontwikkeld. Het hoofddoel is de ontwikkeling van droge tot vochtige heide. We willen hiermee echter aangeven dat voormalige landbouwbodems vaak minder verzuurd zijn en dat de zwak gebufferde condities van invloed kunnen zijn op de vegetatieontwikkeling. De calciumconcentraties en de basenverzadiging onder de bouwvoor bieden perspectief voor de ontwikkeling van onder ander heide en/of heischraal grasland onder de juiste hydrologische en voldoende P-arme condities.



Figuur 18. Boxplots van de Olsen-P, totaal-P, Ca-t, Ca-z, Fe-t, P-z, nitraatconcentraties en de basenverzadiging. In de boxplots is onderscheid gemaakt tussen de toplaag van de landbouwgronden 0-20 cm-mv (n=12), het restant bouwvoor (n=13), 0-10 cm onder de bouwvoor (n=12), 10-20 cm onder de bouwvoor (n=12). De Whiskers (verticale lijnen) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De stippen geven de uitschieters weer.

Bodemcorrelaties

Een lage fosfaatbeschikbaarheid biedt, zoals beschreven in hoofdstuk 2, goede kansen voor de ontwikkeling van voedselarme natuur. In Figuur 19 worden correlaties tussen een aantal relevante bodemchemische variabelen weergegeven.



Figuur 19. Correlaties tussen enkele bodemchemische variabelen in het onderzoeksgebied.

De concentratie Olsen-P (plantbeschikbaar fosfaat) neemt toe bij een toename van de totale P-voorraad in de bodem. Er zijn een aantal uitschieters, maar over het algemeen is de variatie beperkt. Circa 20% van het totaal-P is beschikbaar voor planten. De concentratie Olsen-P is echter niet alleen afhankelijk van de totaal-P concentratie. Fosfor kan namelijk zeer effectief worden geïmmobiliseerd door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $Fe_3(PO_4)_2$ (onder anaerobe condities) en $FePO_4$ onder aerobe condities. Ook calcium kan P-immobiliserend werken waarbij de vorming van relatief slecht oplosbare calciumfosfaat complexen belangrijk zijn. Dit calcium gebonden-P komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook klei-/leemdeeltjes (de totaal-aluminium concentratie is indicatief voor het lutumpercentage: keileembodems zijn rijker aan tot-Al) zijn een sterke P-binder. Op plaatsen waar de bodem rijker is aan ijzer, calcium en/of aluminium (Figuur 19, rechtsboven) ten opzichte van totaal-P, is de P-beschikbaarheid voor planten lager. Aangezien in het onderzoeksgebied sprake is van relatief calcium- en ijzerarme bodems zal het vooral van belang zijn dat de totaal-P concentratie voldoende laag is (<2,5-3 mmol/l). Onder calcium- en ijzerarme condities is de P-beschikbaarheid relatief hoog, waardoor de voor planten beschikbare P-concentratie hoger uit kan vallen. Door middel van verschralingsbeheer zal deze verder afnemen.

Behalve de nutriëntenbeschikbaarheid is de zuurgraad van de bodem in belangrijke mate sturend voor de vegetatieontwikkeling. De buffercapaciteit geeft de mate aan waarin een bodem in staat is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties. Kleideeltjes en organisch materiaal vormen een belangrijk deel van het bodemadsorptiecomplex in de bodem, zo worden vaak bij hoge

60226 0015

organische stofgehaltes ook hogere concentraties zoutuitwisselbaar calcium (Ca-z) gemeten. In niet tot zwak gebufferde bodems kan de bodem in de aluminiumbufferrange (pH_w < 4,5) komen. De basische kationen worden dan vervangen door zuurionen of aluminium (H^+ en Al^{3+}); de concentratie zuurionen in het bodemvocht neemt dan toe en de pH zal dalen. Bij bodem-pH waarden hoger dan pH 6,2 hebben we te maken met (bi)carbonaatbuffering (oplossen van kalk). Wanneer in de bodems geen carbonaat meer aanwezig is, komt de bodem in het kation-uitwisselings-buffertraject terecht. Dit speelt een belangrijke rol in het onderzoeksgebied. Als het bodemadsorptiecomplex volledig is opgeladen met basische kationen (Ca^{2+}, Mg^{2+} en K^+) is de basenverzadiging 100%. Bij totaal-Ca concentraties onder de 10 mmol/l neemt de basenverzadiging steeds verder af (Figuur 19, rechtsonder).

Voor de mate van buffering is de concentratie zoutuitwisselbaar calcium zeer indicatief. In het gebied correleert de hoeveelheid zoutuitwisselbaar calcium goed met de totaal-calcium concentraties (Figuur 19, linksonder). De concentratie totaal-Ca kan in dit gebied dus ook, net als de concentratie Ca-z, worden gebruikt als een indicatieve parameter voor het vaststellen van de mate van buffering van een bodem. De zure (Ca-z <500 µmol/l) tot zeer zwak gebufferde bodems (Ca-z 1000-4000 µmol/l) passen bij heideontwikkeling. De zwak-matig gebufferde bodems passen bij de ontwikkeling van een droog schraalland of vochtig heischraalgrasland (Ca-z ca. 4000-10.000 µmol/l). De ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuurtypen is alleen mogelijk onder de juiste hydrologische condities en voldoende voedselarme omstandigheden

5.5 Kansen voor natuurontwikkeling per locatie

Doel van het huidige onderzoek is om de kansen voor de ontwikkeling van droge en vochtige heide op een aantal (voormalige) agrarische percelen te bepalen. De kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de Olsen-P en totaal-P concentraties in de bodem (zie Hoofdstuk 0). In deze paragraaf worden per locatie de belangrijkste bodemchemische variabelen kort toegelicht. Per locatie worden de potenties en geschikte maatregelen toegelicht. Het opstellen van een inrichtingsplan maakt geen onderdeel uit van deze opdracht, evenals de toetsing of een eventuele ontgronding past binnen het ecohydrologische systeem.

Het is aan de opdrachtgever om uiteindelijk te kiezen welke maatregelen passen binnen het op te stellen inrichtingsplan en welke keuzes per locatie worden gemaakt. Het doel van dit onderzoek is om de potenties en vereiste maatregelen in kaart te brengen zodat vervolgens weloverwogen keuzes kunnen worden gemaakt: gaat men voor de ontwikkeling van voedselarme natuurtypen als heide of heischraal grasland of vindt men de vereiste maatregelen te ingrijpend en zet men in op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland of een ruigte voor grote grazer op de huidige toplaag? Wanneer keuzes moeten worden gemaakt heeft het de voorkeur om een kleiner oppervlak goed in te richten dan op een groter oppervlak voor 'half werk' te kiezen. Dit laatste levert over het algemeen vooral teleurstellingen op (verruiging, noodzaak voor aanvullende beheer, etc.) en is uiteindelijk zonde van de inspanningen, gemaakte kosten en het draagvlak in de omgeving.

Wanneer aanvullend beheer vereist is, betekent dit dat de bodem na ontgronding nog onvoldoende voedselarm is waardoor de eerste jaren verruiging kan optreden. Door middel van het inbrengen van maaisel of plagsel uit een referentieterrein kan de ontwikkeling van ruigtesoorten worden onderdrukt en de ontwikkeling van de doelvegetatie (heide of heischraal grasland op de wat meer gebufferde bodems) worden gestimuleerd.

Tabel 7. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem, Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l). M3 = berekende verschralingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 300 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<150	<10	<4000	<20				voldoende P-arm
6-10	151-250	10-20	4001-8000	21-50	2-5	51-100	>10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	51-100	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	151-300				matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>300	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3
1	0-15	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	2,3	13	1,4	4716	32,2	0,15	235	49	57	3	11	21	5	5	11621	1033	2876	6,8	100	117	368	25	
	15-30	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	2,1	13	1,4	4669	28,9	0,16	226	46	52	3	10	19	4	1	11122	1791	2491	7,0	100	93	177	10	
	30-45	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	1,7	12	1,4	4138	20,6	0,20	234	43	82	5	11	21	2	4	9853	1420	1448	7,0	100	23	67	39	
	45-55	Zand	C	0,2	14	1,4	286	0,8	0,36	32	3	10	16	1	3	0	5	1976	574	309	7,5	99			3	
	55-65	Zand	C	0,3	13	1,4	473	1,7	0,28	82	7	17	14	4	6	0	0	1976	582	406	7,5	100	19	130	3	
2	0-20	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	2,5	11	1,3	5986	27,5	0,22	206	17	33	2	7	16	3	34	7566	464	1870	5,2	98	82	208	40	
	20-30	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	2,5	13	1,4	6235	28,2	0,22	223	20	34	2	9	15	3	25	8572	753	2108	5,6	99	66	105	41	
	30-40	Zand	BC	0,5	7	1,4	2626	7,4	0,36	142	8	20	4	6	10	0	27	3253	672	849	5,8	98			1	
	40-50	Zand	BC	0,9	11	1,5	948	3,2	0,29	167	10	21	10	7	12	0	31	4796	932	1458	6,4	99	2		17	
3	0-20	Zand, matig humeus, bv	AP	2,3	15	1,3	1785	9,2	0,19	90	41	35	8	5	8	6	15	8652	384	1297	6,2	98	13	178	159	39
	20-30	Zand	C	0,5	13	1,3	1331	4,6	0,29	88	7	27	7	7	8	0	64	3658	640	1652	5,7	94	13		188	
	30-40	Zand	C	0,4	13	1,4	1786	5,2	0,34	104	9	33	8	9	11	0	10	3169	761	2158	5,6	98	19		31	
	40-50	Zand	C	0,5	14	1,4	1429	3,3	0,44	104	7	30	11	9	12	0	8	3640	877	2451	5,8	98	17		52	
4	0-20	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3,9	11	1,3	1705	7,3	0,23	217	14	60	10	11	16	5	177	10399	3097	2190	4,7	96		82	112	27
	20-35	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	1,9	13	1,5	4058	11,0	0,37	169	9	27	3	7	8	3	183	4868	1680	724	4,8	93		76	18	
	35-50	Zand, matig siltig en humeus	AP	4,3	17	1,2	2399	9,5	0,25	133	28	16	5	4	5	5	75	9748	1482	702	5,1	96	6	72	62	
	50-60	Zand, matig siltig en humeus	AP	4,1	17	1,2	2615	10,6	0,25	140	31	17	5	5	6	5	44	11712	1575	754	5,3	99	12		41	
	60-70	Zand	B	0,9	11	1,4	422	1,6	0,26	169	8	24	20	9	11	0	66	4804	816	396	5,3	97			24	
	70-80	Zand	B	0,8	12	1,5	225	1,1	0,20	188	7	28	32	11	13	0	108	3234	735	273	5,2	93			14	
5	0-20	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	2,3	13	1,3	1924	10,3	0,19	148	21	83	10	4	8	2	42	8446	686	1618	5,5	99	12	78	35	
	20-30	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	2,3	13	1,3	1916	8,9	0,22	160	20	52	8	5	8	2	28	8240	826	1329	5,6	99	10	85	58	
	30-40	Zand, matig siltig	C	0,9	10	1,4	245	1,2	0,20	156	11	35	38	8	9	0	12	4919	1313	614	5,6	99			16	
	40-50	Zand, matig siltig	C	0,5	10	1,4	192	1,1	0,17	156	10	37	42	9	9	0	12	4969	1408	641	5,6	99			12	
7	0-20	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3,6	18	1,4	3101	16,1	0,19	218	36	35	4	13	20	7	13	10438	3560	4597	6,1	100	24	245	49	
	20-30	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3,6	20	1,4	3237	17,4	0,19	244	38	39	4	15	22	9	10	10975	4230	4318	5,9	100	21	132	48	
	30-40	Zand	BC	2,0	17	1,4	630	3,7	0,17	211	17	27	12	13	19	4	17	8490	3683	4243	6,1	100			28	
	40-50	Zand	BC	1,6	15	1,4	248	2,7	0,09	166	11	22	12	11	13	2	10	3406	1999	2334	6,0	100			8	
	50-60	Zand	C	0,6	15	1,6	42	0,6	0,07	197	5	28	54	14	15	0	0	2799	1717	2376	6,2	100			7	
8	0-20	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3,5	12	1,2	5608	14,0	0,40	153	7	28	3	5	9	4	269	2965	740	952	4,6	88	6		48	
	20-40	Zand, matig siltig, omg	BC	1,8	11	1,4	1400	4,4	0,32	196	6	27	7	7	10	1	418	2470	1025	554	4,9	83			19	
	40-50	Zand	C	0,7	10	1,5	314	1,5	0,21	200	4	33	25	12	17	0	213	1872	1155	433	4,8	87			17	
	50-60	Zand	C	0,5	10	1,5	98	0,9	0,11	178	4	33	41	12	18	0	127	1912	1153	367	5,0	91			19	
9	0-15	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	2,6	9	1,3	4809	20,8	0,23	178	11	42	3	7	11	3	331	3414	1080	651	4,5	85	23		63	
	15-25	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	2,4	10	1,3	5040	18,7	0,27	167	10	38	3	7	10	2	512	3265	1648	450	4,6	81			92	
	25-35	Zand	BC	1,0	11	1,4	3033	11,8	0,26	230	7	42	4	13	20	0	463	2347	2201	382	4,5	80	25		26	
	35-50	Zand	BC	0,7	11	1,4	521	2,8	0,18	193	6	32	14	14	16	0	209	2271	2806	415	4,9	89			20	
	50-60	Zand	C	0,7	13	1,5	250	1,8	0,14	195	5	34	21	15	18	0	221	2221	2861	399	4,8	90	1	238	22	
10	0-20	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3,3	13	1,2	2686	16,3	0,17	213	24	87	7	10	14	4	65	9354	1773	2090	4,9	97	9		94	
	20-40	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3,2	17	1,3	2393	17,3	0,14	263	30	114	8	12	19	5	41	11237	1542	1590	5,2	98	2		66	
	40-50	Zand	B	0,8	15	1,4	182	1,5	0,12	160	15	42	37	10	12	0	0	5842	692	833	5,7	99			20	
	50-60	Zand	B	0,5	17	1,4	62	0,8	0,08	132	12	29	53	10	13	0	0	5634	687	792	6,0	100			23	
11	0-20	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	2,7	14	1,3	3281	13,3	0,25	148	10	57	5	6	9	3	216	4262	517	865	4,5	87	5	56	109	
	20-30	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	2,4	17	1,5	3163	16,4	0,19	201	13	71	5	8	13	3	262	4833	1027	802	4,6	87	11	51	119	
	30-40	Zand, matig siltig, omg	BC	1,2	15	1,3	700	2,8	0,25	103	7	22	11	4	6	1	131	4048	1045	349	4,7	91	4		25	
	40-50	Zand	BC	0,8	17	1,5	344	2,0	0,17	160	12	35	24	9	13	0	86	5583	1360	439	4,9	95			19	
12	0-20	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	2,7	9	1,2	5349	18,2	0,29	174	12	27	2	5	8	2	89	4438	241	1015	4,8	95	11		34	
	20-35	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	2,4	9	1,2	3299	13,2	0,25	144	10	19	2	4	6	1	153	4410	235	686	4,8	93	3		47	
	35-45	Zand, matig siltig	B	2,3	11	1,3	1072	3,8	0,28	221	12	20	8	9	9	2	165	5377	319	516	4,9	95			29	
	45-55	Zand, matig siltig	B	2,0	14	1,3	1810	5,1	0,35	223	8	31	8	13	14	0	369	4687	378	452	4,6	89			20	
13	0-20	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	2,5	10	1,1	3088	21,6	0,14	173	17	40	3	7	10	1	70	5830	215	904	4,9	95	20		137	
	20-35	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	2,2	10	1,2	3106	23,7	0,13	188	25	43	3	7	10	1	35	6869	187	320	5,2	97	12		65	
	35-50	Zand, sterk siltig en humeus	O	9,4	25	1,0	283	4,1	0,07	163	56	20	19	3	4	5	15	15217	165	874	5,6	99			96	
	50-60	Zand	BC	0,9	13	1,4	391	1,5	0,27	140	11	23	23	8	11	0	32	4969	222	811	5,3	99			35	

Locatie 1 (GHG: 65 cm-mv GLG: 150 cm-mv)

De dikke bouwvoor (0-45 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en matig ijzerhoudend (Ca-t: 43-49 mmol/l, Ca-z: 9853-11621 µmol/l, Fe-t: 52-62 mmol/l). De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4138-4716 µmol/l, P-t: 20,6-32,2 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 45 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heide (Olsen-P: 286 µmol/l; P-t: 0,8 mmol/l; Ca-t: 3 mmol/l; Ca-z: 1976 µmol/l). Tevens wordt geadviseerd om na ontgronding eenmalig te bekalken met 2000 kg Dolokal per hectare op basis van de zeer lage calciumconcentraties. Indien niet gekozen wordt voor het afgraven van de bouwvoor, wordt geadviseerd het ambitieniveau aan te passen en in te zetten op het ontwikkelen van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag. Hierbij wordt geadviseerd om in te zaaien met een passend kruidenmengsel (kruidenrijk grasland of glanshaverhooiland) en eventueel eerst nog 1-2 jaar te akkeren zonder bemesting. De P-z concentratie in de toplaag van deze akker is namelijk heel hoog (117 µmol/l) wat duidt op P-verrijking door landbouwkundig gebruik. Indien blijvend wordt verschraald zullen de labiele nutriënt concentraties (P-z en NO_3^-) afnemen. Onder droge condities kunnen ook kruidenrijkere vegetaties tot ontwikkeling komen onder P-rijkere condities (zie Hoofdstuk 4).

Advies 1: 45 cm (bouwvoor) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van heide (+ eenmalig bekalken met 2000 kg Dolokal per hectare).

Advies 2: ambitieniveau aanpassen en richten op het ontwikkelen van een kruiden- en faunarijk grasland/glanshaverhooiland op de toplaag na 1-2 jaar akkeren zonder bemesting en inzaaien van een passend gras-kruidenmengsel.

Locatie 2 (GHG: 75 cm-mv GLG: 140 cm-mv)

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is zwak-matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 17-20 mmol/l, Ca-z: 7566-8572 µmol/l, Fe-t: 33-34 mmol/l). De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 5986-6235 µmol/l, P-t: 27,5-28,2 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 30 cm en een aanvullend verschralingsbeheer van circa 14 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heide (Olsen-P: 2626 µmol/l; P-t: 7,4 mmol/l; Ca-t: 8 mmol/l; Ca-z: 3253 µmol/l). Indien gekozen wordt voor het afgraven van 40 cm is de bodem voedselarm en is slechts een minimaal aanvullend verschralingsbeheer nodig voor de ontwikkeling van heide / heischraalgrasland (Olsen-P: 948 µmol/l; P-t: 3,2 mmol/l; Ca-t: 10 mmol/l; Ca-z: 4796 µmol/l).

Advies 1: 30 cm (bouwvoor) afgraven met een aanvullend verschralingsbeheer van circa 14 jaar t.b.v. de ontwikkeling van heide (+ eenmalig bekalken met 2000 kg Dolokal per hectare).

Advies 2: 40 cm (bouwvoor + 10 cm) afgraven met een minimaal aanvullend verschralingsbeheer (circa 1 jaar) t.b.v. de ontwikkeling van heide / heischraalgrasland.

Locatie 3 (GHG: 30 cm-mv GLG: 100 cm-mv)

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 41 mmol/l, Ca-z: 8652 µmol/l, Fe-t: 35 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1785 µmol/l, P-t: 9,2 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 20 cm en een aanvullend verschralingsbeheer van circa 12 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heide / heischraalgrasland (Olsen-P: 1331 µmol/l; P-t: 4,6 mmol/l; Ca-t: 7 mmol/l; Ca-z: 3658 µmol/l). De P-concentraties onder de bouwvoor (20-40 cm-mv) zijn nog net te hoog maar nemen pas verder af op 40 cm diepte. Indien niet gekozen wordt voor het afgraven van de bouwvoor,

wordt geadviseerd het ambitieniveau aan te passen en in te zetten op het ontwikkelen van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag door middel van maaien en afvoeren.

Advies 1: 20 cm (bouwvoor) afgraven met een aanvullend verschralingsbeheer van circa 9 jaar t.b.v. de ontwikkeling van heide (+ eenmalig bekalken met 2000 kg Dolokal per hectare).

Advies 2: ambitieniveau aanpassen en richten op het ontwikkelen van een kruiden-en faunarijk grasland op de toplaag d.m.v. maaien en afvoeren.

Locatie 4 (GHG: 60 cm-mv GLG: 120 cm-mv)

De bouwvoor (0-60 cm-mv) is sterk verstoord (Ca-t: 9-31 mmol/l, Ca-z: 4868-11712 µmol/l, Fe-t: 16-60 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1705-4058 µmol/l, P-t: 7,3-11,0 mmol/l). Pas na afgraven van de 60 cm (bouwvoor) is de bodem fosfaatarm genoeg voor het ontwikkelen van fosfaat-gelimiteerde natuur, maar dit is geen reële optie. Daarom wordt geadviseerd om het ambitieniveau aan te passen en te richten op het ontwikkelen van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag door middel van maaien en afvoeren.

Advies: ambitieniveau aanpassen en richten op het ontwikkelen van een kruiden-en faunarijk grasland op de toplaag d.m.v. maaien en afvoeren.

Locatie 5 (GHG: 60 cm-mv GLG: 120 cm-mv)

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 20-21 mmol/l, Ca-z: 8240-8446 µmol/l, Fe-t: 52-83 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1916-1924 µmol/l, P-t: 8,9-10,3 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 30 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heischraalgrasland (Olsen-P: 245 µmol/l; P-t: 1,2 mmol/l; Ca-t: 11 mmol/l; Ca-z: 4919 µmol/l).

Advies: 30 cm (bouwvoor) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van heischraalgrasland.

Locatie 7 (GHG: 30 cm-mv GLG: 100 cm-mv)

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 36-38 mmol/l, Ca-z: 10438-10975 µmol/l, Fe-t: 35-39 mmol/l). De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3101-3237 µmol/l, P-t: 16,1-17,4 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 30 cm en een aanvullend verschralingsbeheer van circa 2 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heischraalgrasland (Olsen-P: 630 µmol/l; P-t: 3,7 mmol/l; Ca-t: 17 mmol/l; Ca-z: 8490 µmol/l). Indien gekozen wordt voor het afgraven van 40 cm is geen aanvullend verschralingsbeheer nodig en is de bodem direct geschikt voor de ontwikkeling van heide / heischraalgrasland (Olsen-P: 248 µmol/l; P-t: 2,7 mmol/l; Ca-t: 11 mmol/l; Ca-z: 3406 µmol/l).

Advies 1: 30 cm (bouwvoor) afgraven met een aanvullend verschralingsbeheer van circa 2 jaar t.b.v. de ontwikkeling van heischraal grasland.

Advies 2: 40 cm (bouwvoor + 10 cm) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van heide(/heischraal grasland) (+ eenmalig bekalken met 2000 kg Dolokal per hectare).

Locatie 8 (GHG: 80 cm-mv GLG: 120 cm-mv)

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is zwak calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 7 mmol/l, Ca-z: 2965 µmol/l, Fe-t: 28 mmol/l). De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 5608

µmol/l, P-t: 14,0 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 20 cm en een aanvullend verschralingsbeheer van circa 9 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heide (Olsen-P: 1400 µmol/l; P-t: 4,4 mmol/l; Ca-t: 6 mmol/l; Ca-z: 27 µmol/l). Indien gekozen wordt voor het afgraven van 40 cm is geen aanvullend verschralingsbeheer nodig en is de bodem direct geschikt voor de ontwikkeling van heide (Olsen-P: 314 µmol/l; P-t: 1,5 mmol/l; Ca-t: 4 mmol/l; Ca-z: 1872 µmol/l).

Advies 1: 20 cm (bouwvoor) afgraven met een aanvullend verschralingsbeheer van circa 9 jaar t.b.v. de ontwikkeling van heide (+ eenmalig bekalken met 2000 kg Dolokal per hectare).

Advies 2: 40 cm (bouwvoor + 10 cm) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van heide (+ eenmalig bekalken met 2000 kg Dolokal per hectare).

Locatie 9 (GHG: 50 cm-mv GLG: 110 cm-mv)

De bouwvoor (0-25 cm-mv) is zwak calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 10-11 mmol/l, Ca-z: 3265-3414 µmol/l, Fe-t: 38-42 mmol/l). De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4809-5040 µmol/l, P-t: 18,7-20,8 mmol/l). In de bodemlaag onder de bouwvoor is sprake van P-uitspoeling waardoor ook hier de fosfaatconcentraties nog (veel) te hoog zijn. Na afgraving van 35 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heide (Olsen-P: 521 µmol/l; P-t: 2,8 mmol/l; Ca-t: 7 mmol/l; Ca-z: 2347 µmol/l).

Advies 1: 35 cm (bouwvoor + 10 cm) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van heide (+ eenmalig bekalken met 2000 kg Dolokal per hectare).

Locatie 10 (GHG: 20 cm-mv GLG: 80 cm-mv)

De bouwvoor (0-40 cm-mv) is matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 24-30 mmol/l, Ca-z: 9354-11237 µmol/l, Fe-t: 87-114 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2393-2686 µmol/l, P-t: 16,3-17,3 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 40 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heischraalgrasland (Olsen-P: 182 µmol/l; P-t: 1,5 mmol/l; Ca-t: 15 mmol/l; Ca-z: 5842 µmol/l).

Advies 1: 40 cm (bouwvoor) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van heischraalgrasland.

Locatie 11 (GHG: 20 cm-mv GLG: 80 cm-mv)

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is zwak-matig calciumhoudend en matig ijzerhoudend (Ca-t: 10-13 mmol/l, Ca-z: 4262-4833 µmol/l, Fe-t: 56-71 mmol/l). De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3163-3281 µmol/l, P-t: 13,3-16,4 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 30 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heide / heischraalgrasland (Olsen-P: 700 µmol/l; P-t: 2,8 mmol/l; Ca-t: 7 mmol/l; Ca-z: 4048 µmol/l).

Advies 1: 30 cm (bouwvoor) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van heide / heischraalgrasland.

Locatie 12 (GHG: 75 cm-mv GLG: -)

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is zwak-matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 10-12 mmol/l, Ca-z: 4410-4438 µmol/l, Fe-t: 19-27 mmol/l). De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3299-5349 µmol/l, P-t: 13,2-18,2 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 35 cm en een aanvullend

verschralingsbeheer van circa 10 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heischraalgrasland (Olsen-P: 1072 µmol/l; P-t: 3,8 mmol/l; Ca-t: 12 mmol/l; Ca-z: 5377 µmol/l).

Advies 1: 35 cm (bouwvoor) afgraven met een aanvullend verschralingsbeheer van circa 10 jaar t.b.v. de ontwikkeling van heischraalgrasland.

Locatie 13 (GHG: 90 cm-mv GLG: 130 cm-mv)

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is zwak-matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 17-25 mmol/l, Ca-z: 5830-6869 µmol/l, Fe-t: 40-43 mmol/l). De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3088-3106 µmol/l, P-t: 21,6-23,7 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 35 cm is de gebufferde, hemeuze bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heischraalgrasland (Olsen-P: 283 µmol/l; P-t: 4,1 mmol/l; Ca-t: 56 mmol/l; Ca-z: 15217 µmol/l).

Advies 1: 35 cm (bouwvoor) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van heischraalgrasland.

BOSONTWIKKELING

De opdrachtgever wil ook de mogelijkheden voor bosontwikkeling verkennen in het gebied. Dit is een optie wanneer de ontwikkeling van droge of vochtige heide niet mogelijk is of wanneer de vereiste maatregelen te fors/ingrijpend zijn.

Er is nog niet veel ervaring met bosontwikkeling op voormalige landbouwgronden, vooral omdat het een lange periode vergt voor een bos om zich te ontwikkelen. De Olsen-P en P-zout concentraties zijn ook in bossen waarschijnlijk sturend voor een soortenrijkere ondergroei: bossen met een soortenrijke ondergroei komen voor op voedselarme tot matig voedselrijke bodems. Dit betekent dat op de huidige toplaag vooral bos met een sterk verruigde ondergroei tot ontwikkeling kan komen (een productie bos om nutriënten te onttrekken en koolstof vast te leggen is dan wellicht een optie) terwijl voor de ontwikkeling van bossen met een soortenrijkere ondergroei het afgraven van de voedselrijke toplaag (zoals beschreven in bovenstaande adviezen per locatie) gewenst is.

Op basis van de mate van buffering van het grondwater en de calciumconcentraties in de bodem zullen het in dit gebied waarschijnlijk grotendeels elzenbroekbossen tot ontwikkeling komen op plekken waar kwel uittreedt. Voor Elzenbroekbossen met een goed ontwikkelde ondergroei is P limitatie echter ook belangrijk (Smolders et al., 2021 Landschap). Deze zullen zich op de huidige bodems/toplagen dus niet kunnen ontwikkelen. Op de flanken en op drogere/vochtige plekken is het de verwachting dat vooral berken(broek)bossen tot ontwikkeling komen. In Tabel 8 worden een aantal relevante bodemchemische kenmerken van deze bostypen gegeven.

Tabel 8. Overzicht van een aantal belangrijke bodemchemische kenmerken van relevante bostypen. Bron: referentiedatabase GRIP (Gemeten Referentiewaarden In Plantengemeenschappen) van Onderzoekcentrum B-WARE.

Bostype	Olsen-P (µmol/l)	P-z (µmol/l)	Totaal-P (mmol/l)	NH_4-z (µmol/l)	NO_3-z (µmol/l)	Totaal-Ca (mmol/l)	Ca-z (µmol/l)	Totaal-Fe (mmol/l)
Goed ontwikkeld Berkenbroekbos Carici curtae-Betuletum pubescentis	200-600 (n=7)	0,2-7,7 (n=6)	2-11 (n=9)	15-115 (n=6)	0,8-45 (n=6)	5-35 (n=9)	800-6.500 (n=6)	5-60 (n=9)
Goed ontwikkeld Elzenbroekbos Carici elongatae-Alnetum	100-800 (n=8)	0,3-2,1 (n=9)	4-22 (n=69)	140-800 (n=9)	1-70 (n=9)	30-100 (n=69)	3.000-17.000 (n=9)	40-385 (n=69)

6. SYNTHESE, CONCLUSIES EN DISCUSSIE

6.1 Synthese en conclusies

AANLEIDING EN OPZET ONDERZOEK

- Onderzoekcentrum B-WARE heeft in opdracht van Staatsbosbeheer een bodem- en hydrochemisch onderzoek uitgevoerd om natuurpotenties en geschikte inrichtingsmaatregelen in kaart te brengen voor een aantal (voormalige) landbouwgronden in het Tongelreepdal. Als gevolg van het verleden van (mogelijk intensief) agrarisch gebruik en bemesting zijn waarschijnlijk maatregelen vereist om de nutriëntenconcentraties te verlagen voor de ontwikkeling van droge en vochtige heide.
- Het onderzoek is primair gericht op de bodemchemie. Tevens zijn enkele grond- en oppervlaktewaterkwaliteitsmetingen uitgevoerd. Het uitvoeren van een (ecohydrologische) systeemanalyse en het opstellen van een inrichtingsplan maken geen deel uit van het onderzoek. Met behulp van de resultaten van dit onderzoek kan de opdrachtgever gericht keuzes maken bij de gebiedsontwikkeling. Op 12 locaties werden profielbeschrijvingen uitgevoerd en bodemmonsters verzameld voor analyse.
- Het betreft een grove monsterdichtheid in het gebied van circa 70 hectare. Op verzoek van de opdrachtgever is een quickscan uitgevoerd in plaats van een standaard bodemonderzoek waarbij uit wordt gegaan van circa 1 monsterlocatie per hectare met een minimum van 1 per (historisch) perceel.
- Omdat in het gebied nog hydrologische maatregelen worden genomen zoals het verondiepen van de Tongelreep (peilverhoging) en het dempen/verondiepen van sloten geven de actuele grondwaterstandgegevens geen goed beeld van de toekomstige peilen: er zal vernatting plaatsvinden.

P-GELIMITEERDE NATUURONTWIKKELING (VOORMALIGE) LANDBOUWPERCELEN

De bodem in het onderzoeksgebied Tongelreepdal bestaat voornamelijk uit zand (Tabel 7 en Figuur 16). De dikte van de bouwvoor varieert van circa 20-40 cm, maar is overwegend 30 cm. Onder de bouwvoor is lokaal een verstoorde A, AB of AC horizont aangetroffen. De onvestoorde, intacte C horizont wordt vaak op 50-60 cm aangetroffen, op enkele locaties nog iets dieper (zie Bijlage 1 voor gedetailleerde profielbeschrijvingen).

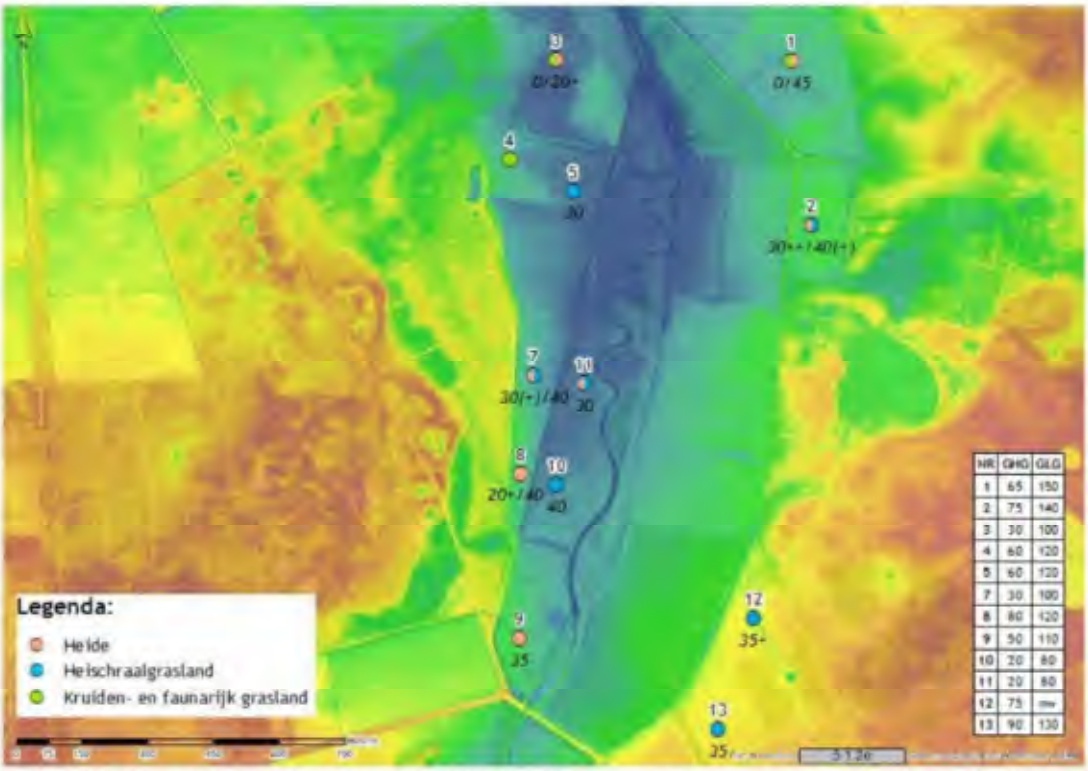
- Voor de ontwikkeling van de beoogde natuurbeheertypen kunnen de volgende streefconcentraties worden gehanteerd (GRIP database Onderzoekcentrum B-WARE, zie Hoofdstuk 4):
  - Heide: Olsen-P 100-500 µmol/l bodem (totaal-P veelal <2,5 mmol/l), soortenrijk bij Ca-z ±1500-4000 µmol/l, pH-z >3,5, Al/Ca <2, NH_4-z <200 µmol/l);
  - Heischraalgrasland: Olsen-P (<)200-500 µmol/l bodem (Ca-z ±4000-10.000 µmol/l, pH-z >3,5, Al/Ca <1-2 en basenverzadiging >30%);
- Uit de bodemchemische analyses blijkt dat de toplaag van de (voormalige) landbouwgronden verrijkt is met fosfaat: Olsen-P (plantbeschikbaar fosfaat): ca. 2000-5200 µmol/l en ca. 12-23 mmol/l totaal-P). De toplaag van de bouwvoor (AP-horizont) is het sterkst verrijkt. In de onderkant van de bouwvoor variëren de P-concentraties. Lokaal zijn deze net zo hoog en lokaal zijn ze lager maar overwegend (veel) te hoog voor de

60226 0015

beoogde ontwikkeling. Onder de bouwvoor nemen de P-concentraties fors af (Figuur 18). Op een groot deel van de locaties is de bodem onder de bouwvoor relatief P-arm maar nog niet meteen voldoende P-arm voor de beoogde natuurontwikkeling, waardoor in eerste instantie lokaal verruiging kan ontstaan en aanvullend verschralingsbeheer van circa 5-15 jaar vereist is om de gewenste abiotische condities te realiseren. Een alternatief is om 10 cm extra af te graven (bouwvoor + 10 cm).

- Het hoofddoel is de ontwikkeling van droge tot vochtige heide. We willen echter aangeven dat voormalige landbouwbodems vaak minder verzuurd zijn en dat de zwak gebufferde condities van invloed kunnen zijn op de vegetatieontwikkeling. Wanneer P-arme condities worden gecreëerd op de voormalige landbouwgronden zal de bodem, o.a. als gevolg van de bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik, een hogere basenverzadiging en hogere concentraties totaal en uitwisselbaar calcium hebben. De calciumconcentraties en de basenverzadiging onder de bouwvoor bieden perspectief voor de ontwikkeling van onder ander (soortenrijke) heide en/of heischraal grasland onder de juiste hydrologische en voldoende P-arme condities. De toplaag van de landbouw bodems is (nog) sterker verrijkt met calcium, waarschijnlijk als gevolg van bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik.
- Wanneer gekozen wordt voor een verschralingsbeheer voor het ontwikkelen van heide of heischraal grasland op de toplaag van de voormalige landbouwbodems (heischraal grasland ligt meer voor de hand op basis van de mate van buffering) dan moet rekening worden gehouden met een verschralingsduur van 41-218 jaar (gemiddeld 109 jaar). De ruimtelijke variatie in de verschralingsduur van de toplaag van 25 cm wordt weergegeven in Figuur 20. Deze is gebaseerd op een P-afvoer van 10 kg/ha/jr en een Olsen-P streefconcentratie van 300 µmol/l met een totaal-P ondergrens van 3 mmol/l. De locaties 3, 4 en 5 bieden het meeste perspectief voor verschraling tot kruidenrijk grasland en op de lang termijn (40-50 jaar) tot heide/schraalland. Er dient te worden opgemerkt dat op het overgrote deel van de locaties de P-rijke toplaag dikker is dan 25 cm. Er is een verschralingsduur berekend op basis van een diepte van 25 cm, omdat dit de globale worteldiepte is van kruidachtigen. Dieper in de bodem is dus nog meer fosfaat beschikbaar. Wanneer gekozen wordt voor een actief uitmijnbeheer met een productieve graszode of een grasklavermengsel in combinatie met N- en/of K-bemesting kan een P-afvoer van 40 kg/ha/jr worden gerealiseerd. Deze vorm van verschraling gaat vier keer zo snel maar laat weinig ruimte voor natuurwaarden aangezien het een vorm van voortzetting van het landbouwkundig gebruik is zonder P-bemesting. Voor een praktisch uitmijnadvies zijn aanvullende (landbouw-georiënteerde) analyses vereist. In samenwerking met het Louis Bolk Instituut kunnen we dit eventueel opstellen.
- In Figuur 21 wordt ruimtelijk weergegeven welke (ontgrondings)maatregelen nodig zijn voor de ontwikkeling van P-arme condities voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen als heide en heischraal grasland op de voormalige landbouwgronden.
- Op de meeste locaties kan met 30-40 cm-mv afgraven veel bereikt worden, met lokaal een aanvullend verschralingsbeheer, en is de ontwikkeling van heide of heischraalgrasland mogelijk. Locaties 1 en 4 zijn wat minder kansrijk voor een ontgronding: de ontgrondingsdieptes om fosfaatarme natuur te ontwikkelen zijn te fors waardoor wordt geadviseerd om het ambitieniveau bij te stellen. Op locatie 4 biedt een verschralingsbeheer wel enig perspectief. In paragraaf 5.5 worden de natuurontwikkelingsadviezen per locatie nader toegelicht. De meest kansrijke locaties zijn 5, 7, 8, 9, 10 en 11 in het zuidwesten van het gebied.

Figuur 20. Overzicht van de ruimtelijke variatie inde verschralingsduur van de toplaag (in jaren) van 0-25 cm tot een Olsen-P streefconcentratie van 300 µmol/l met een totaal-P ondergrens van 3 mmol/l.



Figuur 21. Overzicht van de ontgrondingsdieptes (in cm, weergegeven op een hoogtekaart) die nodig zijn om P-arme condities te realiseren waarbij (+) = totaal-P <3 mmol/l maar Olsen-P >500 µmol/l, + = <10 jaar en ++ = 10-20 jaar aanvullend verschralingsbeheer vereist (beiden geen optimale situatie voor de beoogde natuurdoelen). De kleuren geven een beeld van de natuurpotenties. De natuurpotenties zijn gebaseerd op de Ca-z concentraties (µmol/l) op <4000 = heide, 4000-10.000 = heischraal grasland. In de tabel staan de hoogste (GHG) en laagste (GLG) grondwaterstanden per locatie weergegeven.

- Let op: deze ontwikkeling lukt alleen wanneer daadwerkelijk voldoende P-arme condities worden gecreëerd. Wanneer een + of ++ achter de vereiste ontgrondingsdiepte wordt vermeld zijn de condities (nog) niet optimaal en is aanvullend beheer vereist. Op veel plekken biedt een ontgronding tot 30 cm perspectief (en wordt een groot deel van het fosfaat afgevoerd), maar is aanvullend beheer vereist om verdere verschraling te realiseren. Het afgraven van 10 cm extra is meestal ook een optie (om meteen voldoende P-arme condities te realiseren) maar dit is minder gewenst. Door middel van het inbrengen van maaisel/plagsel uit een referentieterrein kan de ontwikkeling van ruigtesoorten worden onderdrukt en de ontwikkeling van de doelvegetatie worden gestimuleerd.
- Bij de ontwikkeling van vochtige heide past een GHG van 10 cm boven tot 20 cm onder maaiveld en een GLG van 20-50 cm-mv (Tabel 1). De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) ligt op de meeste locaties in het onderzoeksgebied tussen 50-90 cm-mv. Op locaties 3, 10 en 11 ligt de GHG wat hoger, tussen 20-30 cm-mv. Locatie 13 ligt op de hoge flank, hier is de GHG ook het laagst, 90 cm-mv. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) ligt tussen 80-140 cm-mv. Er worden echter nog vernattingsmaatregelen genomen waardoor de grondwaterstanden zullen stijgen. De buffering van het grondwater in het onderzoeksgebied is overwegend 500-1500 µmol/l HCO_3^- en daarmee zwak tot matig gebufferd en geschikt voor de ontwikkeling van heide of heischraal grasland onder de juiste bodemchemische condities. Op en nabij akkers zijn hoge nitraatconcentraties in het grondwater gemeten. De freatische grondwaterkwaliteit wordt nog (deels) beïnvloed door het landbouwkundig gebruik. Bij eventuele inundaties met oppervlaktewater lijkt vooral de afzetting van voedselrijk slib (het oppervlaktewater is ook rijk aan totaal-P) een potentieel risico te vormen voor eventueel afgegraven/verschraalde percelen.
- Een eventuele ontgronding dient getoetst te worden op de inpassing in het ecohydrologische systeem. Dit maakt geen onderdeel uit van het onderzoek. Het opstellen van een inrichtingsplan maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Het is aan de opdrachtgever om uiteindelijk te kiezen welke maatregelen passen binnen het op te stellen inrichtingsplan en welke keuzes op welke locatie worden gemaakt. Het doel van dit onderzoek is om de potenties en vereiste maatregelen in kaart te brengen zodat vervolgens weloverwogen keuzes kunnen worden gemaakt per locatie zodat het systeem (in combinatie met standplaatscondities) kan worden hersteld: gaat men voor de ontwikkeling van voedselarme natuurtypen als heide of heischraal grasland of vindt men de vereiste maatregelen te ingrijpend en zet men in op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland of een ruigte (met grote grazers) op de huidige toplaag. Wanneer keuzes moeten worden gemaakt heeft het de voorkeur om een bepaald oppervlak goed in te richten dan op een mogelijk groter oppervlak voor 'half werk' te kiezen.
- Op basis van de Ca-z concentratie kan een inschatting worden gemaakt van de natuurpotenties. Op plekken met een Ca-t concentratie <10 mmol/l en/of een Ca-z concentratie <4000 µmol/l wordt na ontgronding een eenmalige bekalking met 2000 kg Dolokal per hectare aanbevolen ter voorkoming van verzuring, ter bevordering van de soortenrijkdom en om een ammoniumpiek te voorkomen. Dit is van toepassing op de locaties 1, 2, 3, 8 en 9.
- Na een eventuele ontgronding wordt geadviseerd om maaisel/plagsel uit een referentieterrein op te brengen om de ontwikkeling van de doelvegetatie te stimuleren en de ontwikkeling van algemene (ruigte)soorten te onderdrukken. Dit is een essentiële aanvullende maatregel na het optimaliseren van de abiotische condities;

- Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd, ook wanneer vernattingsmaatregelen worden genomen. Er dient voldoende doorstroming te zijn en in de zomer dient de toplaag droog te vallen om P-binding te stimuleren en verruiging te voorkomen. In verband met het veranderende klimaat (extremere weersomstandigheden) wordt geadviseerd de hydrologische omstandigheden (bij vernatting) regelbaar te maken.
- Wanneer er besloten wordt om bepaalde zones/percelen af te graven ten behoeve van de ontwikkeling van P-gelimiteerde, soortenrijke natuurtypen dan wordt geadviseerd om aanvullende boringen en analyses te laten uitvoeren. De huidige monsterdichtheid is (op verzoek van de opdrachtgever) erg grof. Om een nauwkeuriger beeld te krijgen van de ruimtelijke variatie in de bodemopbouw en de diepte van het P-front is aanvullend onderzoek gewenst. Op deze manier is de kans groter dat de bodem na ontgraving voldoende voedselarm is voor de beoogde ontwikkeling van heide of heischraal grasland.

ONTWIKKELING KRUIDEN- EN FAUNARIJK GRASLAND OF BOS

- Op plekken waar geen hoogwaardige, P-gelimiteerde natuurtypen worden ontwikkeld kan de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland worden een optie zijn. Onder droge, P-rijke condities kan een soortenrijkere ontwikkeling optreden wanneer de labiel-P concentraties laag zijn en/of sprake is van droogtestress en/of K- of N-limitatie. Voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijke graslanden onder droge condities zijn de volgende mogelijkheden (op locatie 1, 2, 4, 5, 8, 12 en 13 is de GHG 65-90 cm-mv; Tabel 2). Een combinatie van deze opties is natuurlijk ook mogelijk waarbij monitoring van de vegetatieontwikkeling en bodemchemie sterk wordt aanbevolen:
    - Stoppen met bemesting en een verschralingsbeheer van maaien en afvoeren hanteren om de nitraatconcentraties (NO_3^--z concentraties) en tevens de P-z concentraties verder te verlagen waardoor op termijn (lastig te kwantificeren) het aandeel aan kruiden kan gaan toenemen;
    - Stoppen met bemesting en tijdelijk een gericht uitmijnbeheer van enkele jaren (ca. 2-4 jaar) hanteren om de nitraatconcentraties (NO_3^--z concentraties) en tevens de P-z concentraties relatief snel, fors te verlagen waardoor het aandeel aan kruiden kan gaan toenemen. Dit wordt vooral geadviseerd op percelen die nu nog vrij productief en soortenarm zijn;
    - Alternatieve maatregel uitvoeren zoals tijdelijk akkeren;
    - Experimentele maatregel uitvoeren zoals het chopperen van de zode in combinatie van het inzaaien van een passend gras-kruidenmengsel.
- Om op voedselrijkere gronden de dominantie van witbol te doorbreken, wordt geadviseerd witbol vroeg af te maaien, bijvoorbeeld in mei tot de bedekking voldoende laag is (bijvoorbeeld <25%). Deze grassen bloeien namelijk voordat de zomerkruiden gaan bloeien. Op deze manier wordt gestreepte witbol actief teruggedrongen ten gunste van later bloeiende kruidachtigen. Goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden worden vaak laat in de zomer (augustus/september) gemaaid.
- Wanneer sprake is van vochtige tot natte omstandigheden (Tabel 2) zijn voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijke graslanden voedselarmere condities gewenst (circa 1200 µmol/l) waarbij droogval van de toplaag in de zomerperiode belangrijk is.
- De opdrachtgever wil ook de mogelijkheden voor bosontwikkeling verkennen in het gebied. Dit is een optie wanneer de ontwikkeling van droge of vochtige heide niet mogelijk is of wanneer de vereiste maatregelen te fors/ingrijpend zijn. Er is nog niet veel ervaring met bosontwikkeling op voormalige landbouwgronden (er wordt een OBN-onderzoek

uitgevoerd, dat is nog niet afgerond). De Olsen-P en P-zout concentraties zijn waarschijnlijk sturend voor een soortenrijkere ondergroei: bossen met een soortenrijke ondergroei komen voor op voedselarme tot matig voedselrijke bodems. Dit betekent dat op de huidige toplaag vooral bos met een sterk verruigde ondergroei tot ontwikkeling kan komen (een productie bos om nutriënten te onttrekken en koolstof vast te leggen is dan wellicht een optie) terwijl voor de ontwikkeling van bossen met een soortenrijkere ondergroei het afgraven van de voedselrijke toplaag (**Figuur 21**) gewenst is. Op basis van de mate van buffering van het grondwater en de calciumconcentraties in de bodem zullen het in dit gebied waarschijnlijk grotendeels elzenbroekbossen tot ontwikkeling komen op plekken waar kwel uittreedt. Voor Elzenbroekbossen met een goed ontwikkelde ondergroei is P limitatie echter ook belangrijk (Smolders et al., 2021 Landschap). Deze zullen zich op de huidige bodems/toplagen dus niet kunnen ontwikkelen. Op de flanken en op drogere/vochtige plekken is het de verwachting dat vooral berken(broek)bossen tot ontwikkeling komen.

6.2 Discussie

Het bodem- en hydrochemisch onderzoek vormt een belangrijke basis voor de inrichtingsplannen die worden gemaakt in het gebied. Daarnaast zijn echter ook de hydrologische condities van belang en dient een eventuele ontgronding te passen in het ecohydrologische systeem. Er dient bijvoorbeeld te worden voorkomen dat als gevolg van een ontgraving verdroging/ontwatering van bestaande, natte natuur gaat plaatsvinden. Wanneer de vereiste puzzelstukjes compleet zijn kunnen er door de opdrachtgever, in overleg met het waterschap, weloverwogen keuzes worden gemaakt voor een optimale inrichting.

Er worden in het gebied echter nog hydrologische maatregelen genomen zoals het verondiepen van de Tongelreep (peilverhoging) en het dempen/verondiepen van sloten. Hierdoor zullen de grondwaterstanden in het gebied stijgen. Het is echter niet duidelijk wat de exacte effecten op de grondwaterstanden zullen zijn. Pas wanneer men hier meer inzicht in heeft kunnen definitieve beslissingen over de inrichtingsmaatregelen worden genomen. Waterafvoer en doorstroming dient mogelijk te zijn, het is niet de bedoeling dat 'badkuipen' worden gecreëerd.

Het is duidelijk dat sprake is van een voedselrijke toplaag. Wanneer deze niet wordt verschraald of afgegraven maar wel vochtig tot nat wordt als gevolg van de hydrologische maatregelen dan zal fosfaatmobilisatie optreden wat tot verruiging met bijvoorbeeld pitrus zal leiden.

In het gebied zijn een aantal ontwikkelingsmogelijkheden:

- Ontwikkeling vochtige/natte heide of vochtig/nat heischraal grasland (kleine zeggenvegetaties als het zeer nat wordt) na afgraven van de voedselrijke toplaag van circa 30-40 cm in de lage delen of op de flanken van het beekdal;
- Ontwikkeling droge heide of droog schraalland na afgraven van de voedselrijke toplaag van circa 30-40 cm op de hogere, droge delen;
- Ontwikkeling van elzenbroekbos (vochtige-natte delen) of berken(broek)bos (droge-vochtige delen). Zonder afgraven van de voedselrijke toplaag zal een ruige, soortenarmere ondergroei tot ontwikkeling komen. Na afgraven van de voedselrijke toplaag kan een soortenrijkere ondergroei tot ontwikkeling komen;
- Ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland door middel van maaien en afvoeren, een gericht uitmijnbeheer of alternatieve maatregelen (op hogere, droge locaties) als tijdelijk akkeren of chopperen in combinatie met het inzaaien met een passend graskruiden-mengsel;
- Voedselrijke ruigtes ontwikkelen met grote grazers;

Op basis van de bodemchemische data in combinatie met de gebiedskennis van de beheerders en de verwachte vernatting liggen de volgende inrichtingsmaatregelen en doeltypen voor de hand in een aantal robuustere zones. Deze zijn besproken tijdens een overleg op 11 januari 2021:

- Locatie 1 en 2: bosontwikkeling op de voedselrijke toplaag van de bodem;
- Locatie 3, 4 en 5: verschralen tot kruiden- en faunarijk grasland (op deze locaties is de toplaag relatief beperkt met fosfaat verrijkt);
- Locatie 5, 7, 8, 9, 10, 11: afgraven en omvormen naar heide/heischraal grasland (kleine zeggenvegetatie indien zeer natte condities ontstaan) mits hydrologisch mogelijk en passend binnen het ecohydrologische systeem. Anders kan wellicht alleen voor ontgronding op de flankzone (locatie 5, 7, 8) worden gekozen. Indien deze ontwikkeling geen optie is in de genoemde zones ligt de ontwikkeling van een voedselrijke, natte zone (moeras in de laagste delen) voor de hand die (deels) geschikt is voor grote grazers. Wanneer wordt ingezet op een ontgronding wordt geadviseerd om locatie 6 aanvullend onderzoeken om de potenties in kaart te brengen. Omdat dit tijdelijk een maisakker is geweest in het verleden zijn de potenties mogelijk beperkt. Dit kan pas worden bevestigd na metingen. Omdat er sprake is van een relatief grof boorplan met een lage monsterdichtheid wordt geadviseerd om, voordat men gaat ontgraven, aanvullende boringen te laten plaatsen en een gerichte selectie van bodemlagen te laten analyseren zodat men een beter beeld heeft van de ruimtelijke variatie in bodemopbouw en de diepte van het fosfaatfront. Het wordt niet geadviseerd om slechts een deel van de fosfaatrijke toplaag (bijvoorbeeld 20 cm) af te graven: dan ontstaan voedselrijke, natte condities waarbij snel verruiging zal optreden. Dat is zonde van de investering, tenzij dit meerwaarde heeft voor het herstel van het hydrologische systeem;
- Locatie 12 en 13: verschralen tot kruidenrijk grasland of (berken)bosontwikkeling uitbreiden op de huidige toplaag.

7. LITERATUUR

Becker, P. de (2004) Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende Alno/Padion en Alnion incanae/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.

Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen (2016) Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad Natuur Bos Landschap* maart: 10-13.

Bobbink, R., L. Bik & J. H. Willems (1988). Effects of nitrogen fertilization on vegetation structure and dominance of Brachypodium pinnatum (L.) Beauv. in chalk grassland. Acta Botanica Neerlandica 37 (2): 231-242.

Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.

Dorland, E., K. Eichhorn, T. Van den Broek & M. Courbois (2020) Herstel kruidenrijke graslanden op zandgrond door tijdelijk akkerbeheer. De Levende Natuur 121: 86-91.

Eichhorn, K., E. Brouwer, E. Dorland, R. Ketelaar & T. van den broek (2020) Kruidenrijke natuurgraslanden ontwikkelen op fosfaatrijke grond. Wat is er mogelijk? De Levende Natuur 121: 92-95.

Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma (2005) OGOR Natuur in Noord-Brabant. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.

De Graaf, M.C.C., R. Bobbink, N.A.C. Smits, R. van Diggelen & J.G.M. Roelofs (2009). Biodiversity, vegetation gradients and key geochemical processes in the heathland landscape. Biological Conservation 142: 2191-2201.

Klimkowska, A., R. van Diggelen, J.P. Bakker & A.P. Grootjans (2007). Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* **140**: 318-328.

Lamers L.P.M., H.B.M. Tomassen & J.G.M. Roelofs (1998) Sulfate induced eutrophication and phytotoxicity in freshwater wetlands. Environmental Science & Technology 32: 199-205.

Lamers, L.P.M., E.C.H.E.T. Lucassen, A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2005) Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H_2O* **38** (17): 28-30.

Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs (2009) Verpitrussing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* **110** (1): 43-46.

Mullekom, M. van, A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.

Mullekom, M. van, F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs (2009) Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **6**: 2-7.

Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M. Weijters, H.B.M. Tomassen, R. Bobbink, A.J.P. Smolders (2013) Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* **114**: 120-126.

Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Department of Agriculture* circular No. 939.

60226 0015

Scherpenisse, M.C., E. Verbaarschot, B. Timmermans, R. Bobbink & P.J.M. Verbeek (2017) Graslanden in Overijssel. Advies voor kwaliteitsverbetering van kruiden- en faunarijk grasland. Natuurbalans - Limens Divergens BV, Nijmegen.

Schippers, W. (2012) Ontwikkelen van kruidenrijk grasland. *Samenwerkende Uitgevers Vof.*

Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006) De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **3**(4): 5-11.

Smolders A.J.P., L.P.M. Lamers, E.C.H.E.T. Lucassen, G. Van der Velde & J.G.M. Roelofs (2006) Internal eutrophication: 'How it works and what to do about it', a review. Chemistry and Ecology 22: 93-111.

Smolders, A., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen, & E. Brouwer (2009) Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* **110**: 33-38.

Smolders, A.J.P., J. Runhaar, R. Loeb & E.C.H.E.T. Lucassen (2021). De terugkeer van het verdwenen hout - Randvoorwaarden voor de ontwikkeling van elzenbroekbos in beekdalen. *Landschap* 38(3): 146-155.

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2012) Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **1**: 12-15.

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2016) Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* **45**: 701-708.

Tsiafouli, M.A., E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C. de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett, M.V. Brady, L. Bjornlund, H.B. Jørgensen, S. Christensen, T. D' Hertefeldt, S. Hotes, W.H.G. Hol, J. Frouz, M. Liiri, S.R. Mortimer, H. Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V. Wolters & K. Hedlund (2015) Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* **21**: 973-985.

Van der Zee, F., Bobbink, R. Loeb, M. Wallis De Vries, G. Oostermeijer, S. Luijten & M. De Graaf (2017). Actieplan herstel heischrale graslanden. Hoe behouden we heischrale graslanden in Nederland? Wageningen Environmental Research, Wageningen 2017.

Weijters, M., L. Smits en Bobbink, R. (2020). Ontwikkeling en behoud van Heischrale graslanden (H6230) in Drenthe en Friesland. Onderzoekcentrum B-WARE B.V., Nijmegen. RP-20.055.20.88

Weijters, M., E. Verbaarschot, R. Loeb en Bobbink, R. (2018). Naar een duurzaam bodemherstel van de Natura-2000 gebieden in beheer van Landschap Overijssel, mineralogisch en bodemchemisch onderzoek en advies. Onderzoekcentrum B-WARE B.V., Nijmegen. RP-17.107.18.61

60226 0015

8. BIJLAGEN

8.1 Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem

Profielbeschrijvingen conform NEN5104 van de boorlocaties in het gebied. Profielbeschrijvingen zijn opgesteld door ATKB (5.1.2e).

Legenda:

Legenda (conform NEN 5104)

grind
- Grind, siltig
- Grind, zwak zandig
- Grind, matig zandig
- Grind, sterk zandig
- Grind, uiterst zandig

zandtest
- Zandtest, kleiig
- Zandtest, zwak siltig
- Zandtest, matig siltig
- Zandtest, sterk siltig
- Zandtest, uiterst siltig

veen
- Veen, mineraalarm
- Veen, zwak kleiig
- Veen, sterk kleiig
- Veen, zwak zandig
- Veen, sterk zandig

klei
- Klei, zwak siltig
- Klei, matig siltig
- Klei, sterk siltig
- Klei, uiterst siltig
- Klei, zwak zandig
- Klei, matig zandig
- Klei, sterk zandig

leem
- Leem, zwak zandig
- Leem, sterk zandig

overige toevoegingen
- zwak humeus
- matig humeus
- sterk humeus
- zwak grindig
- matig grindig
- sterk grindig

geur
- geen geur
- zwakke geur
- matige geur
- sterke geur
- uiterste geur

olie
- geen olie-water reactie
- zwakke olie-water reactie
- matige olie-water reactie
- sterke olie-water reactie
- uiterste olie-water reactie

p.i.d.-waarde
- >0
- >1
- >10
- >100
- >1000
- >10000

monsters
- geroerd monster
- ongeroerd monster
- volumering

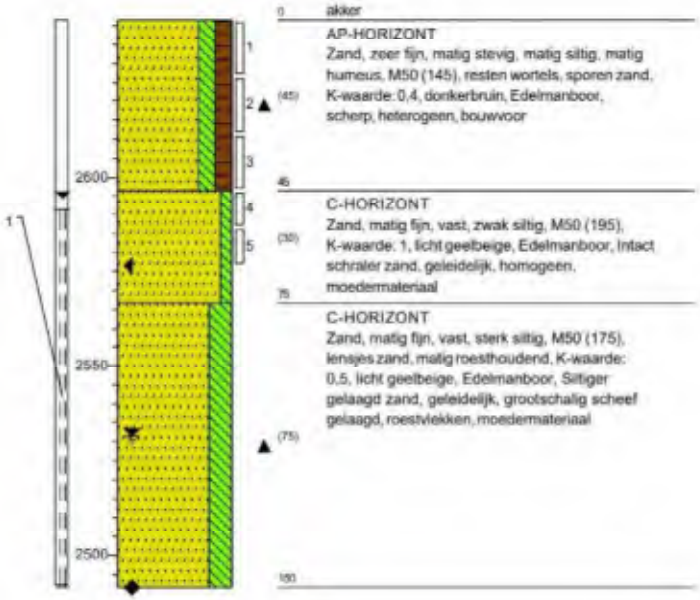
overig
- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand
- slib
- water

8.2 Bijlage 2 - P-Onderzoek Bruggerhuizen (PR-10.051-2010.41)

Figuur 22. Overzicht van de locaties in het onderzoeksgebied uit het onderzoek in 2010 (PR-10.051-2010.41) en het huidige onderzoek.

Boring: 1

X:	162513,09
Y:	369672,66
Datum:	20-10-2021
Boormeester:	S.I.2e
N.A.P. :	26,415
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	110
GHG:	65
GLG:	150



0 akker

AP-HORIZONT
Zand, zeer fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (145), resten wortels, sporen zand, K-waarde: 0,4, donkerbruin, Edelmanboor, scherp, heterogeen, bouwvoor

45

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, M50 (195), K-waarde: 1, licht geelbeige, Edelmanboor, Intact schraler zand, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

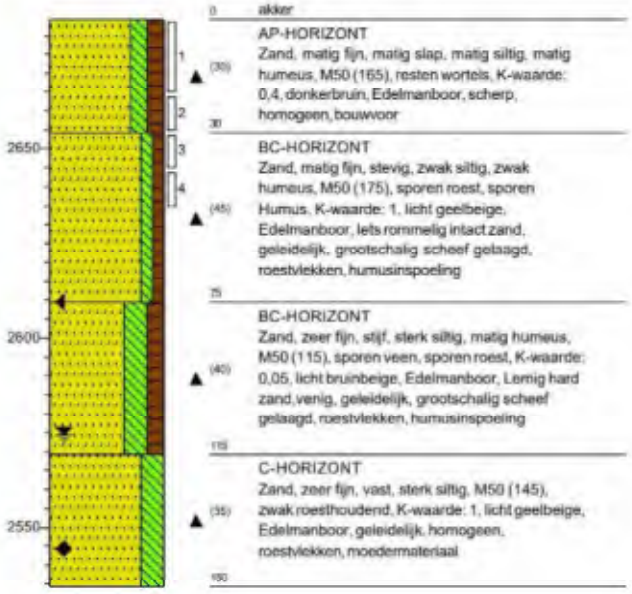
75

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, sterk siltig, M50 (175), lensjes zand, matig roesthoudend, K-waarde: 0,5, licht geelbeige, Edelmanboor, Siltiger gelaagd zand, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

150

Boring: 2

X:	162558,70
Y:	369297,61
Datum:	20-10-2021
Boormeester:	S.I.2e
N.A.P. :	26,844
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	110
GHG:	75
GLG:	140



0 akker

AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig slap, matig siltig, matig humeus, M50 (165), resten wortels, K-waarde: 0,4, donkerbruin, Edelmanboor, scherp, homogeen, bouwvoor

30

BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, zwak siltig, zwak humeus, M50 (175), sporen roest, sporen Humus, K-waarde: 1, licht geelbeige, Edelmanboor, iets rommelig intact zand, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, humusinspoeling

75

BC-HORIZONT
Zand, zeer fijn, stijf, sterk siltig, matig humeus, M50 (115), sporen veen, sporen roest, K-waarde: 0,05, licht bruinbeige, Edelmanboor, Lemig hard zand, venig, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, humusinspoeling

115

C-HORIZONT
Zand, zeer fijn, vast, sterk siltig, M50 (145), zwak roesthoudend, K-waarde: 1, licht geelbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

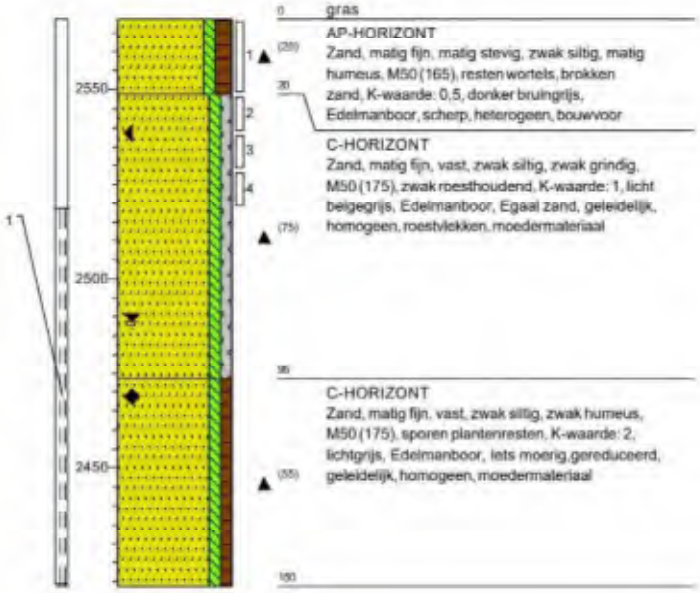
150

Projectcode: PR-21.159

Projectnaam: Tongelreepdal

Boring: 3

X: 161975,74
Y: 369675,44
Datum: 20-10-2021
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 25,688
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 80
GHG: 30
GLG: 100



0 gras

AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, zwak siltig, matig humeus, M50 (165), resten wortels, brokken zand, K-waarde: 0,5, donker bruingrijs, Edelmanboor, scherp, heterogeen, bouwvoor

30

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak grindig, M50 (175), zwak roesthoudend, K-waarde: 1, licht beigegrijs, Edelmanboor, Egaal zand, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

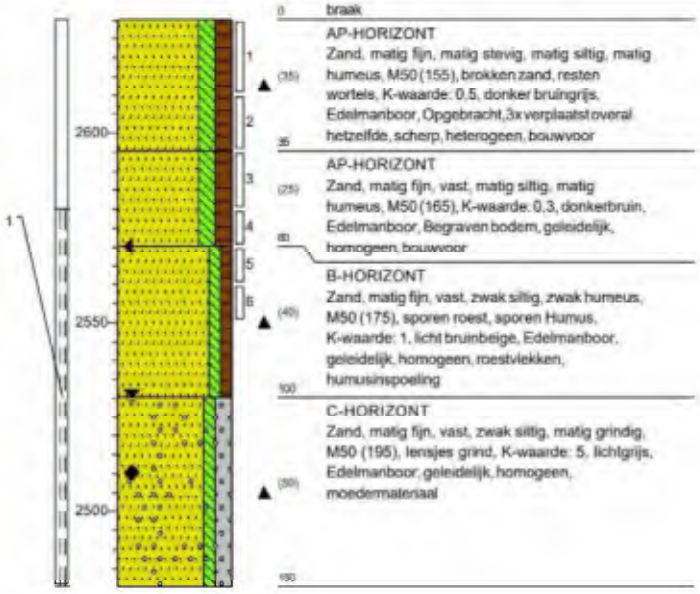
95

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (175), sporen plantenresten, K-waarde: 2, lichtgrijs, Edelmanboor, iets moerig,gereduceerd, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

150

Boring: 4

X: 161870,87
Y: 369450,36
Datum: 20-10-2021
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 26,302
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 100
GHG: 60
GLG: 120
Opmerking: 3xverplaatstopgebrachtpakket



0 braak

AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (155), brokken zand, resten wortels, K-waarde: 0,5, donker bruingrijs, Edelmanboor, Opgebracht,3x verplaatst overal hetzelfde, scherp, heterogeen, bouwvoor

35

AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, matig siltig, matig humeus, M50 (165), K-waarde: 0,3, donkerbruin, Edelmanboor, Begraven bodem, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

60

B-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (175), sporen roest, sporen Humus, K-waarde: 1, licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

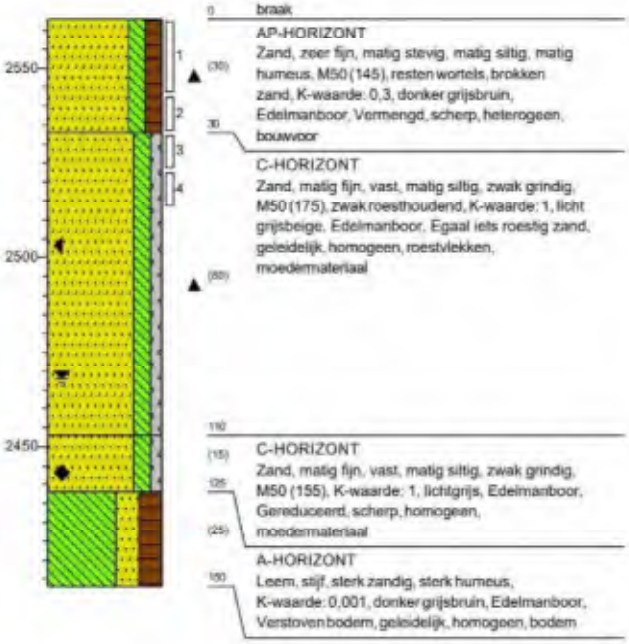
100

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, matig grindig, M50 (195), lensjes grind, K-waarde: 5, lichtgrijs, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

150

Boring: 5

X: 162015,72
Y: 369377,68
Datum: 20-10-2021
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 25,631
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 95
GHG: 60
GLG: 120



0 braak

AP-HORIZONT
Zand, zeer fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (145), resten wortels, brokken zand, K-waarde: 0,3, donker grijsbruin, Edelmanboor, Vermengd, scherp, heterogeen, bouwvoor

30

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, matig siltig, zwak grindig, M50 (175), zwak roesthoudend, K-waarde: 1, licht grijsbeige, Edelmanboor, Egaal iets roestig zand, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

110

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, matig siltig, zwak grindig, M50 (155), K-waarde: 1, lichtgrijs, Edelmanboor, Gereduceerd, scherp, homogeen, moedermateriaal

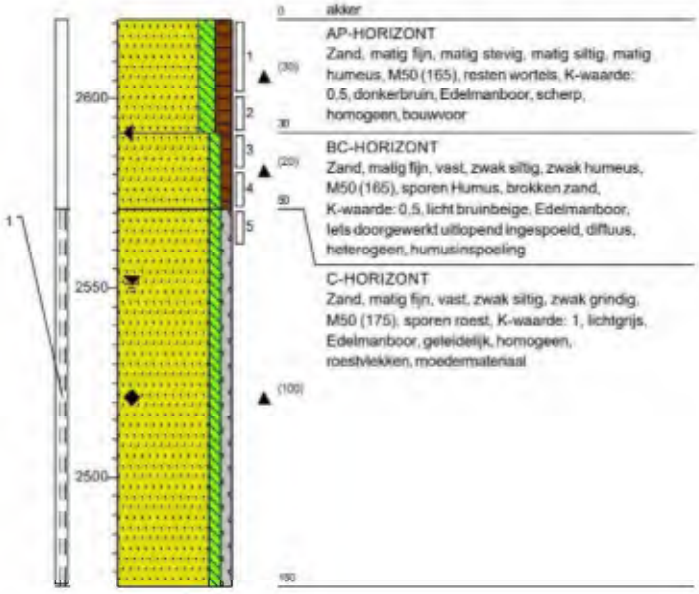
125

A-HORIZONT
Leem, stijf, sterk zandig, sterk humeus, K-waarde: 0,001, donker grijsbruin, Edelmanboor, Verstoven bodem, geleidelijk, homogeen, bodem

150

Boring: 7

X: 161925,64
Y: 368954,86
Datum: 20-10-2021
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 25,212
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 70
GHG: 30
GLG: 100



0 akker

AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (165), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, scherp, homogeen, bouwvoor

30

BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (165), sporen Humus, brokken zand, K-waarde: 0,5, licht bruinbeige, Edelmanboor, iets doorgewerkt uitlopend ingespoeld, diffuus, heterogeen, humusinspoeling

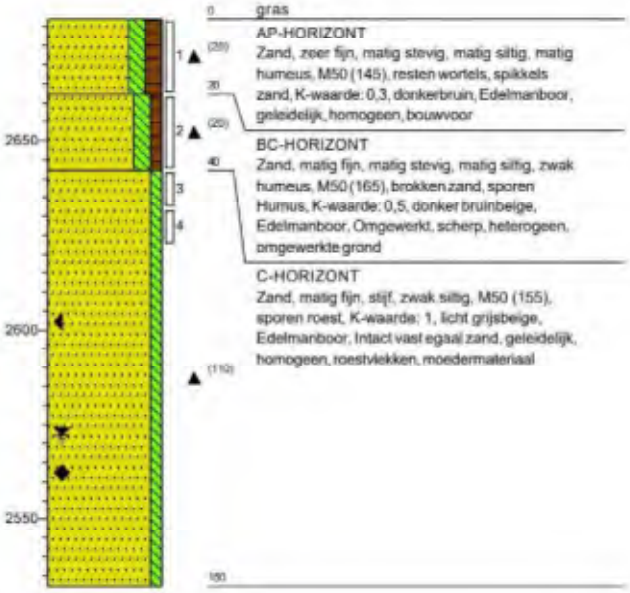
80

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak grindig, M50 (175), sporen roest, K-waarde: 1, lichtgrijs, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

180

Boring: 8

X:	161896,51
Y:	368732,12
Datum:	20-10-2021
Boormeester:	S 1 2e
N.A.P. :	26,822
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	110
GHG:	80
GLG:	120



0 gras

AP-HORIZONT
Zand, zeer fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (145), resten wortels, spikkels zand, K-waarde: 0,3, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

30

BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, zwak humeus, M50 (165), brokken zand, sporen Humus, K-waarde: 0,5, donker bruinbeige, Edelmanboor, Omgewerkt, scherp, heterogeen, omgewerkte grond

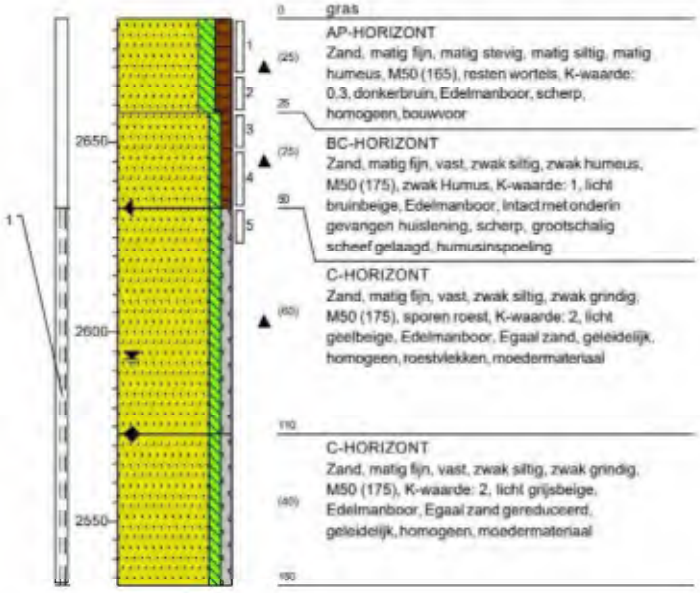
40

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, stijf, zwak siltig, M50 (155), sporen roest, K-waarde: 1, licht grijsbeige, Edelmanboor, Intact vast egaal zand, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

150

Boring: 9

X:	161891,31
Y:	368357,89
Datum:	20-10-2021
Boormeester:	S 1 2e
N.A.P. :	26,831
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	90
GHG:	50
GLG:	110



0 gras

AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (165), resten wortels, K-waarde: 0,3, donkerbruin, Edelmanboor, scherp, homogeen, bouwvoor

25

BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (175), zwak Humus, K-waarde: 1, licht bruinbeige, Edelmanboor, Intact met onderin gevangen huislening, scherp, grootschalig scheef gelaagd, humusinspoeling

50

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak grindig, M50 (175), sporen roest, K-waarde: 2, licht geelbeige, Edelmanboor, Egaal zand, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

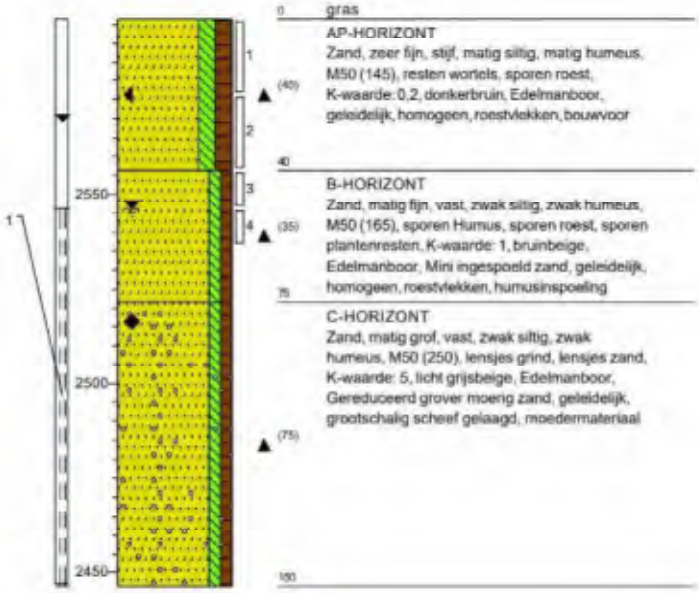
110

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak grindig, M50 (175), K-waarde: 2, licht grijsbeige, Edelmanboor, Egaal zand gereduceerd, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

150

Boring: 10

X: 161976,50
Y: 368707,77
Datum: 20-10-2021
Boormeester: S.I.2e
N.A.P. : 25,964
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 50
GHG: 20
GLG: 80



0 gras

AP-HORIZONT
Zand, zeer fijn, stijf, matig siltig, matig humeus, M50 (145), resten wortels, sporen roest, K-waarde: 0,2, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, bouwvoor

40

B-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (165), sporen Humus, sporen roest, sporen plantenresten, K-waarde: 1, bruinbeige, Edelmanboor, Mini ingespoeld zand, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

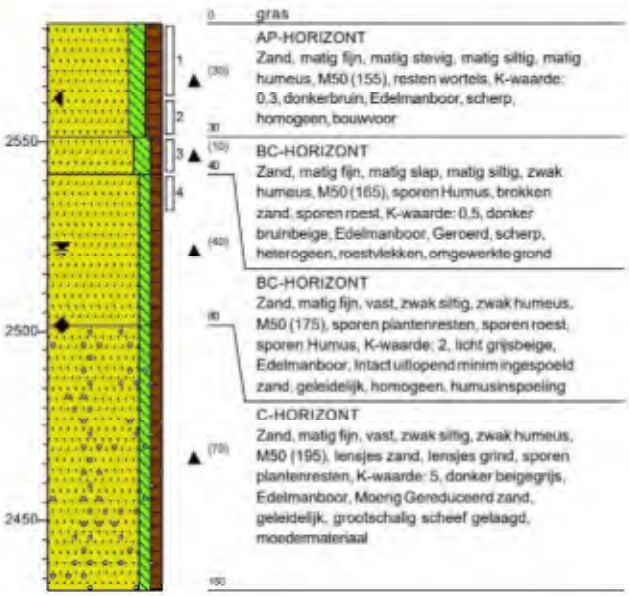
75

C-HORIZONT
Zand, matig grof, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (250), lensjes grind, lensjes zand, K-waarde: 5, licht grijsbeige, Edelmanboor, Gereduceerd grover moerig zand, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal

150

Boring: 11

X: 162039,83
Y: 368935,18
Datum: 20-10-2021
Boormeester: S.I.2e
N.A.P. : 25,816
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 60
GHG: 20
GLG: 80



0 gras

AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (155), resten wortels, K-waarde: 0,3, donkerbruin, Edelmanboor, scherp, homogeen, bouwvoor

30

BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig slap, matig siltig, zwak humeus, M50 (165), sporen Humus, brokken zand, sporen roest, K-waarde: 0,5, donker bruinbeige, Edelmanboor, Geroerd, scherp, heterogeen, roestvlekken, omgewerkte grond

80

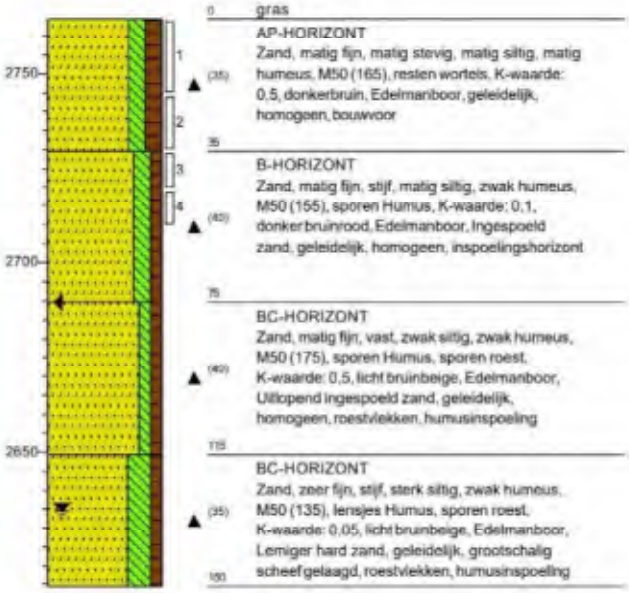
BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (175), sporen plantenresten, sporen roest, sporen Humus, K-waarde: 2, licht grijsbeige, Edelmanboor, Intact uitlopend minim ingespoeld zand, geleidelijk, homogeen, humusinspoeling

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (195), lensjes zand, lensjes grind, sporen plantenresten, K-waarde: 5, donker beigegrijs, Edelmanboor, Moerig Gereduceerd zand, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal

150

Boring: 12

X: 167427,19
Y: 368401,65
Datum: 20-10-2021
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 27,646
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 130
GHG: 75



0 gras

AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (165), resten wortels, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

35

B-HORIZONT
Zand, matig fijn, stijf, matig siltig, zwak humeus, M50 (155), sporen Humus, K-waarde: 0,1, donker bruinrood, Edelmanboor, Ingespoeld zand, geleidelijk, homogeen, inspoelingshorizont

75

BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (175), sporen Humus, sporen roest, K-waarde: 0,5, licht bruinbeige, Edelmanboor, Uitlopend ingespoeld zand, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

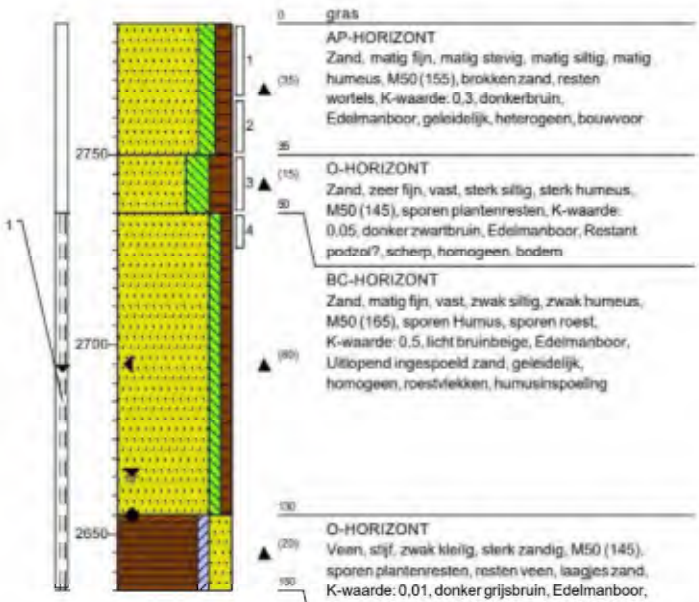
115

BC-HORIZONT
Zand, zeer fijn, stijf, sterk siltig, zwak humeus, M50 (135), lensjes Humus, sporen roest, K-waarde: 0,05, licht bruinbeige, Edelmanboor, Lemiger hard zand, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, humusinspoeling

150

Boring: 13

X: 167346,48
Y: 368147,54
Datum: 20-10-2021
Boormeester: S.T.Ze
N.A.P. : 27,851
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 120
GHG: 90
GLG: 130



0 gras

AP-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (155), brokken zand, resten wortels, K-waarde: 0,3, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, bouwvoor

35

O-HORIZONT
Zand, zeer fijn, vast, sterk siltig, sterk humeus, M50 (145), sporen plantenresten, K-waarde: 0,05, donker zwartbruin, Edelmanboor, Restant podzol?, scherp, homogeen, bodem

50

BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (165), sporen Humus, sporen roest, K-waarde: 0,5, licht bruinbeige, Edelmanboor, Uitlopend ingespoeld zand, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

130

O-HORIZONT
Veen, stijf, zwak kleiig, sterk zandig, M50 (145), sporen plantenresten, resten veen, laagjes zand, K-waarde: 0,01, donker grijsbruin, Edelmanboor, Vergaand veen, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, bosveen, sterk veraard, veraard veen

150

Projectcode: PR-21.159

Projectnaam: Tongelreepdal

ATKB

Boring: OW-03

X:	161873,06
Y:	368231,83
Datum:	21-10-2021
Boormeester:	S.T.Ze
N.A.P. :	25,834
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers

0 waterspiegel

Boring: OW-04

X:	162219,24
Y:	369554,11
Datum:	21-10-2021
Boormeester:	S.T.Ze
N.A.P. :	24,254
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers

0 waterspiegel

ATKB

Boring: OW-02

X:	162093,26
Y:	369078,65
Datum:	21-10-2021
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	25,57
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers

0 waterspiegel

Boring: OW-05

X:	162053,07
Y:	369123,07
Datum:	21-10-2021
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	25,429
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers

0 waterspiegel

ATKB

Boring: OW-01

X:	162032,12
Y:	369135,93
Datum:	21-10-2021
Boormeester:	S.I.ze
N.A.P. :	34,294
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers

0 waterspiegel

Projectcode: PR-21.159

Projectnaam: Tongelreepdal

*Tabel 6.1. Overzicht van de maximaal haalbare natuurdoeltypen en kansrijkdom op locatie 1 t/m 40 na afgraven van de fosfaatrijke bodem (in cm), de grondwaterstanden en kwelintensiteit in de huidige hydrologische situatie (Waterschap De Dommel, 2010) en de bodemchemie van de (nieuwe) toplaag (bovenste 10 cm). Bij maaiveldverlaging door afgraven is rekening gehouden dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld stijgen. De concentratie Olsen-P is gegeven in µmol per liter verse bodem, de totale fosfor-, calcium- en ijzer- en zwavelconcentratie in mmol per liter. Wanneer aangegeven is dat de kansrijkdom redelijk, matig of laag is, dan is aanvullend verschralingsbeheer noodzakelijk. OS% = percentage organisch stof. Voor ligging van de locaties zie Figuur 3.1. * Indien aanvoer van voldoende gebufferd en/of ijzerrijk grondwater.*

Nr.	Diepte	Natuurdoeltype	Kansrijkdom	GHG	GVG	GLG	Kwel	Bodem	Olsen-P	P-tot	Ca-tot	Fe-tot	Fe/P
1	30	Dotterbloemhooiland*	redelijk	0,7-1,7	0,7-1,7	0,7-1,7	0,05-0,1	klei	1325	20,6	29	320	15,5
2	25	Natte heide	goed	0,25-0,75	0,25-0,75	0,75-1,75	0	zand	125	1,5	11	14	9,5
3	40	Natte heide	goed	0,1-0,6	0,1-0,6	0,6-1,6	0,1-0,2	zand	311	1,3	5	12	9,4
4	40	Nat (hei)schraalgrasland	goed	0,1-0,6	0,6-1,6	0,6-1,6	0	zand	607	5,5	30	34	6,1
5	30	Nat heischraalgrasland	redelijk	0,2-0,7	0,2-0,7	0,7-1,7	0,5-1	zand	904	8,5	16	46	5,5
6		*Niet bemonsterd*											
7	40	Nat heischraalgrasland	matig	0,1-0,6	0,6-1,6	0,6-1,6	0	zand	1362	7,7	15	24	3,1
8	0	Bloemrijk grasland	laag	0,5-1	0,5-1	1-2	0,2-0,5	zand	2538	13,3	17	47	3,5
9	30	Nat schraalland (heischraalgrasland)	redelijk	+0,1-0,2	0,2-0,7	0,7-1,7	0,1-0,2	zand	576	7,2	24	36	5,0
10	0	Bloemrijk grasland	laag	0,1-0,2	0,2-0,5	0,5-1	0,5-1	zand	1723	11,6	20	26	2,2
11	40	Droge heide/heischraalgrasland (bekalking)	matig	0,6-1,6	0,6-1,6	0,6-1,6	0	zand	1489	7,4	12	29	3,9
12	30	Natte heide/kleine zeggenmoeras	redelijk	+0,2-+0,1	+0,1-0,2	0,2-0,7	0,5-1	zand	615	2,7	11	40	15,0
12	40	Natte heide/kleine zeggenmoeras	goed	+0,3-+0,2	+0,2-0,1	0,1-0,6	0,5-1	zand	391	1,2	6	25	20,2
13	30	Droge heide	matig	0,7-1,7	0,7-1,7	0,7-1,7	0	zand	2322	5,9	6	44	7,4
14	20	Kleine zeggenmoeras	redelijk	+0,15-+0,1	+0,1-0	0,3-0,8	0,5-1	klei	942	4,7	19	94	19,9
14	30	Kleine zeggenmoeras	goed	+0,25-+0,2	+0,2-+0,1	0,2-0,7	0,5-1	zand	128	1,2	17	61	49,5
15	40	Kleine zeggenmoeras	redelijk	+0,2-0,1	0,1-0,6	0,6-1,6	0,1-0,2	zand	1004	4,9	13	8	0,8
16	30	Nat heischraalgrasland	goed	0,2-0,7	0,2-0,7	0,7-1,7	0	zand	378	2,6	18	20	7,8
17	20	Dotterbloemhooiland/blauwgrasland*	goed	0,3-0,8	0,3-0,8	0,3-0,8	1-2	klei	930	6,5	22	71	10,9
17	30	Nat heischraalgrasland/blauwgrasland*	goed	0,2-0,7	0,2-0,7	0,2-0,7	1-2	zand	245	1,6	18	59	37,2
18	30	Natte heide	goed	0,2-0,7	0,7-1,7	0,7-1,7	0	zand	257	1,7	7	30	17,7
19	40	Droge heide	goed	0,6-1,6	0,6-1,6	0,6-1,6	0	zand	45	1,0	5	58	59,5
20	25	(Natte) heide	goed	0,25-0,75	0,25-0,75	0,25-0,75	0	zand	78	2,1	6	71	33,6
21	30	(Natte) heide	goed	0,2-0,7	0,2-0,7	0,7-1,7	0,1-0,2	zand	235	2,2	7	19	8,5
22	30	Natte heide/kleine zeggenmoeras	goed	0,2-0,7	0,2-0,7	0,7-1,7	1-2	zand	192	4,2	11	154	36,4
23	25	Kleine zeggenmoeras/natte heide	goed	0,25-0,75	0,25-0,75	0,25-0,75	1-2	zand	195	1,2	9	18	14,7
24	30	Droge heide	goed	0,7-1,7	0,7-1,7	0,7-1,7	0	zand	179	1,9	15	30	15,5
25	30	Kleine zeggenmoeras/natte heide	goed	+0,2-+0,1	+0,1-0,2	0,2-0,7	0,1-0,2	zand	337	1,3	9	15	12,2
26	20	Nat heischraalgrasland/bloemrijk grasland	redelijk	0,3-0,8	0,3-0,8	0,8-1,8	1-2	zand	1684	6,9	13	13	1,9
27	30	Droge Heide	goed	0,7-1,7	0,7-1,7	0,7-1,7	0,2-0,5	zand	156	2,3	7	39	17,0
28	30	(Natte) heide	goed	0,2-0,7	0,2-0,7	0,7-1,7	0	zand	359	3,6	15	25	7,0
29	40	Natte heide/kleine zeggenmoeras	goed	+0,2-0,1	+0,2-0,1	0,1-0,6	0,05-0,1	zand	260	1,8	13	20	11,6
30	30	Natte heide	goed	+0,1-0,2	0,2-0,7	0,7-1,7	0	zand	445	3,1	18	50	16,4
31	20	Nat heischraalgrasland	redelijk	0,3-0,8	0,3-0,8	0,8-1,8	0,1-0,2	zand	839	6,0	19	40	6,7
32	30	Natte heide	goed	0,2-0,7	0,2-0,7	0,7-1,7	0	zand	515	3,6	4	23	6,4
33	45	Natte heide	goed	0,05-0,55	0,05-0,55	0,55-1,55	0	veen	363	1,9	19	3	1,6
34	20	Nat schraalland (blauwgrasland)	matig	0-0,3	0,3-0,8	0,3-0,8	1-2	veen	878	12,3	48	46	3,8
34	30	Nat schraalland (blauwgrasland)	goed	+0,1-0,2	0,2-0,7	0,2-0,7	1-2	veen	263	6,3	62	32	5,1
34	40	Kleine zeggenmoeras	goed	+0,2-0,1	0,1-0,6	0,1-0,6	1-2	zand	280	1,4	11	15	10,4
35	30	Natte heide/nat heischraalgrasland	goed	0,2-0,7	0,2-0,7	0,7-1,7	0,1-0,2	zand	89	1,1	13	13	12,2
36	30	Kleine zeggenmoeras/natte heide	goed	+0,2-+0,1	+0,1-0,2	0,2-0,7	0,5-1	zand	558	2,1	10	30	14,4
37	30	Natte heide	goed	0,2-0,7	0,2-0,7	0,7-1,7	0,1-0,2	zand	455	2,5	12	16	6,5
37	40	Natte heide	goed	0,1-0,6	0,1-0,6	0,6-1,6	0,1-0,2	zand	85	0,8	4	22	26,4
38	20	Natte heide/nat heischraalgrasland	goed	0-0,3	0-0,3	0,8-1,8	0	zand	429	2,1	13	11	5,4
39	40	Nat heischraalgrasland	goed	0,1-0,6	0,1-0,6	0,6-1,6	0	zand	254	2,7	32	4	1,7
40	0	Bloemrijk grasland	laag	1-2	1-2	1-2	0	zand	1748	11,7	29	35	3,0

www.b-ware.eu

Ontwikkelingen van flora, fauna en abiotische factoren in de Zelderse Driessen, Limburg

5.1.2e

09-07-2021
Onderzoeksverslag

staatsbosbeheer

hogeschool

60227

0016

Ontwikkelingen van flora, fauna en abiotische factoren in de Zelderse Driessen, Limburg

Onderzoek naar de ontwikkelingen van flora, fauna en abiotische factoren over de laatste 20 jaar in het natuurgebied de Zelderse Driessen, Limburg.

Onderzoeksverslag, 2021

Auteur:

5.1.2e

Stagebegeleiders:

5.1.2e

5.1.2e

Stage docent:

5.1.2e

Foto:

5.1.2e

Staatsbosbeheer Noord-Limburg, Oostrum

Samenvatting

Achteruitgang van biodiversiteit is een wereldwijd probleem. Het behoud van biodiversiteit is belangrijk omdat een lage diversiteit meerdere nadelen heeft, zoals onstabiliteit van een ecosysteem. In Europa is het netwerk Natura 2000 opgericht dat zich inzet voor de biodiversiteit door bescherming van verschillende belangrijke gebieden. In Nederland behoort de Zelderse Driessen tot de Natura 2000-gebieden. In dit natuurgebied komen verschillende bijzondere habitattype en soorten voor. Zo komt er een bijzondere soortensamenstelling voor in het stroomdalgrasland en is het één van de weinige plekken waar loofbos aanwezig is op rivierduinen. Om dit bijzondere gebied te beschermen is er onderzoek uitgevoerd waarin is gekeken naar de veranderingen van de afgelopen 20 jaar van de abiotische factoren, flora en fauna.

Uit het onderzoek blijkt dat er een hoge stikstofdepositie is binnen het natuurgebied. De bodem van het bosgebied is al verzuurd, waardoor het met de vitaliteit van de zomereik al slecht gaat. De depositie zal dit gaan versterken. De slechte vitaliteit van de zomereik is ook terug te zien in de structuur van het bosgebied. Er is sprake van weinig jong bos en vooral oud bos met veel dikke dode bomen. Hierdoor doen de holenbroeders het erg goed in dit gebied. Echter wordt de zwartkop-groep minder goed vertegenwoordigd door het lage percentage aan jong bos.

In het stroomdalgrasland komen veel verschillende bijzondere plantensoorten voor die redelijk stabiel waren tot 2011. Door droogte is de kartering van 2019 niet betrouwbaar en kan hier niks over gezegd worden. In de graslanden komt één kenmerkende insectensoort voor, het hooibeestje. In het algemeen is het stroomdalgrasland als hoog beoordeeld. De vegetatie in de ruigten en zomen is stabiel en zijn als goed beoordeeld, hier komt de associatie kruisbladwalstro voor samen met torenkruid en gewone agrimonie. Deze associatie komt maar op enkele plekken voor in Nederland.

In de Zelderse Driessen komen ook meerdere zoogdiersoorten voor zoals de das, haas, konijn, eekhoorn, vos en ree. Door gebrek aan data is er geen verschil in jaren te zien en geen verband tussen de vegetatie en de zoogdieren.

De Zelderse Driessen is een natuurgebied met verschillende habitattype waar bijzondere soorten in voorkomen. Echter kent het ook meerdere knelpunten zoals de basen aanvoer door de Niers en isolatie van het gebied. Er zijn meerdere adviezen opgesteld om het gebied te verbeteren en te beschermen. Extern beheer heeft echter ook erg veel invloed op het natuurgebied door bijvoorbeeld de stikstofdepositie, waterkwaliteit en basenaanvoer.

Summary

Decline in biodiversity is a global problem. Maintaining this biodiversity is important because low diversity has multiple disadvantages, such as instability of an ecosystem. In Europe, the Natura 2000 network has been established to promote biodiversity by protecting various important nature reserves. In the Netherlands, the Zelderse Driessen is a Natura 2000 nature reserve. Various special habitat types and species occur in this nature conservation area. For example, there is a special species composition in the stream valley grassland and it is one of the few places where deciduous forest is present on river dunes. In order to protect this special area, a study has been conducted to examine the changes over the past 20 years about the abiotic factors, flora and fauna.

The study shows that there is a high nitrogen deposition within the nature area. The soil of the woodland area has already acidified, which means that the vitality of the pedunculate oak is already in a poor state. Deposition will reinforce this. The poor vitality of the oak tree is also reflected in the structure of the woodland area. There is a lack of young forest and mostly old forest with many thick dead trees is present. As a result, hole breeders do extremely well in this area. However, the black-headed group is less well represented due to the low percentage of young forest.

Many different rare plant species occur in the stream valley grassland, which are reasonably stable up to 2011. Due to drought, the carting of 2019 is not reliable and therefore nothing can be said about the changes up to 2019. One characteristic insect species, the small heath butterfly, is found in the grasslands. In general, the stream valley grassland is classified as high quality. The vegetation in the rough edges and borders is stable and was evaluated as good. This association only occurs in a few places in the Netherlands.

The Zelderse Driessen is also home to several mammal species such as the badger, hare, rabbit, squirrel, fox and roe deer. Due to a lack of data, no year-to-year difference can be seen and no correlation between the vegetation and the mammals can be shown.
The Zelderse Driessen is a nature reserve with various types of habitats where special species occur. However, it also has several bottlenecks, such as the basal supply by the River Niers and the isolation of the area. Several recommendations have been drawn up to improve and protect the area. However, external management also has a great influence on the nature area due to, for example, nitrogen deposition, water quality and base supply.

Inhoudsopgaven

Samenvatting 3
Summary 4
1. Inleiding 7
2. Gebiedsbeschrijving 9
2.1 Stroomdalgrasland 10
2.2 Hardhoutooibos 10
2.3 Beuken-eikenbossen met hulst (H9120) 11
2.4 Ruigten en zomen (droge bosranden) 11
2.5 Geologie en bodem 11
2.6 Beheer 11
3. Materiaal en methode 12
3.1 Abiotiek 12
3.2 Flora en vegetatie 12
3.2.1 Vegetatie 12
3.2.2 Flora 12
3.2.3 Structuur 13
3.3 Fauna 13
3.3.1 Broedvogels 13
3.3.2 Zoogdieren 14
3.3.3 Insecten 14
4. Resultaten 15
4.1 Abiotisch 15
4.1.1 Zuurgraad 15
4.1.2 Trofiegraad 15
4.1.3 Luchtkwaliteit 16
4.2 Flora en vegetatie 16
4.2.1 Vegetatie 16
4.2.2 Planten 18
4.2.3 Structuur 21
4.3 Fauna 22
4.3.1 Broedvogels 22
4.3.2 Zoogdieren 25
4.3.3 Insecten 26

5. Discussie en conclusie 27
6. Adviezen 33
Literatuurlijst 34
Bijlage 37

1. Inleiding

De biodiversiteit in de wereld is snel aan het verslechteren, oorzaken hiervan zijn habitatverlies en versnippering. Afname van het leefgebied en bereikbaarheid kan zorgen voor kleinere populaties en vermindering van overlevingskans (Bergers & Kalkhoven, 1996; Lohbeck et al., 2016; Tilman et al., 2001). De effecten van habitatverlies en versnippering kunnen soms vrijwel onmiddellijk merkbaar zijn, echter het duurt vaak een langere tijd voordat afnemende populaties verdwijnen na verstoring. Deze uitgestelde uitsterving is een factor waar rekening mee moet worden gehouden bij het behoud van de biodiversiteit (Kuussaari et al., 2009).

Het behouden van biodiversiteit is erg belangrijk, een verslechterde biodiversiteit kan namelijk voor veel nadelen zorgen. Zo zorgt een lagere plantdiversiteit voor een slechtere resistentie tegen invasieve exoten. Daarnaast komen pathogenen zoals virus- en schimmelinfecties vaker voor in minder diverse plantgemeenschappen. Het belangrijkste nadeel van een afnemende biodiversiteit is dat de ecosystemen onstabieler worden (Cardinale et al., 2012).

In Europa is het netwerk Natura 2000 opgericht om de achteruitgang van de biodiversiteit tegen te gaan (Ministerie van LNV et al., z.d.). Hierbij zijn kernbroedplaatsen en rustplaatsen voor bedreigde diersoorten, en zeldzame typen natuurlijke habitatten beschermd. In totaal loopt het Natura 2000 netwerk over 27 EU-landen, waarvan 18% landoppervlak is en 8% marine gebied. Hiermee is Natura 2000 het grootste netwerk voor beschermde gebieden in de wereld (European Commission, 2021).

Nederland heeft in totaal 161 Natura 2000 gebieden. Deze gebieden zijn aangewezen onder de Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn. De gebieden zijn geselecteerd op grond van voorkomende soorten en habitattypen die vanuit een Europees oogpunt beschermd moet worden. In de provincie Limburg zijn 24 van de 161 Nederlandse gebieden gelegen (Natura2000, 2021).

Eén van deze gebieden is de Zelderse Driessen. Dit natuurgebied wordt beheerd door Staatsbosbeheer. Staatsbosbeheer is een zelfstandig publiekrechtelijke organisatie vallend binnen het domein van het ministerie van LNV (Staatsbosbeheer, 2021).

De Zelderse Driessen is gelegen in Noord-Limburg in een bocht van de Niers. Het gebied is in 1660 vermeld, toen als landgoed. Nu is het gebied officieel geregistreerd als beschermd rivierengebied. In de Zelderse Driessen zijn meerdere habitattypen aanwezig; stroomdalgrasland, beuken-eikenbossen met hulst, ruigten en zomen en droge hardhoutooibossen. Het stroomdalgrasland is ontstaan in de Tweede Wereldoorlog toen er een geul is gegraven voor grind winning, die hoogstwaarschijnlijk is gebruikt om de spoorlijn tussen Nijmegen en Gogh te herstellen, liggend zuidelijk van het gebied. Het stroomdalgrasland is van zeer groot belang binnen Europa. Dit komt doordat er in Nederland een andere soortensamenstelling voorkomt die is beperkt tot het laagland van Noordwest-Europa. Ook is de Zelderse Driessen één van de weinige plaatsen in Nederland waar loofbossen aanwezig zijn op rivierduinen (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016; Hoegen, 1999; Natura 2000, 2008c).

Door de aanwezigheid van bijzondere habitattype en soorten is het van belang dat deze worden behouden. Daarom is er in opdracht van Staatsbosbeheer in dit onderzoek gekeken naar de ontwikkelingen van de fauna, flora en abiotische factoren van de Zelderse Driessen over ongeveer de afgelopen 20 jaar. Voor de fauna is er gekeken naar de aantallen en soorten van broedvogels, zoogdieren en insecten (dagvlinders en sprinkhanen). Daarnaast is gekeken naar verschillende planten- en vegetatiekarteringen waarbij de trends zijn vergeleken, ook is er gekeken naar de aanwezige structuur. Voor de abiotische factoren is er gekeken naar de verandering in eutrofiegraad en zuurgraad. Daarnaast is er gekeken naar de luchtkwaliteit voor de depositiewaardes. Er is gekozen voor al deze onderwerpen om een zo compleet mogelijk beeld te krijgen van de veranderingen in het gebied.

Om de onderzoeksvraag compleet te beantwoorden zijn verschillende deelvragen opgesteld:

- Is er verandering geweest in de abiotische factoren over de jaren?
- Welke vegetatie is er aanwezig in de Zelderse Driessen? Is er verandering geweest over de jaren?
- Komt de vegetatie overeen met de habitattype aangegeven door Natura 2000?
- Is er een verband tussen de abiotische factoren en de vegetatie/flora over de jaren?
- Is er een verandering van vegetatie te zien over de jaren door het beheer?
- Welke plantensoorten komen voor in de Zelderse Driessen? Is er verandering geweest over jaren?
- Welke broedvogelsoorten komen er voor in de Zelderse Driessen?
- Is er een verandering geweest in de broedvogelsoorten en aantallen over de jaren?
- Welke broedvogelgroepen komen voor in de Zelderse Driessen? Is er een verschil in de afgelopen jaren?
- Is er een verband tussen de verschillen in vegetatie en structuur en broedvogelgroepen?
- Welke zoogdieren zijn aanwezig in de Zelderse Driessen?
- Is er een verandering in aantallen en soorten geweest over de jaren?
- Is er een verband tussen de vegetatie en zoogdieren over de jaren?
- Wat zegt het levensgebied van de voorkomende zoogdieren over het biotoop?
- Welke soorten dagvlinders en sprinkhanen komen voor in de Zelderse Driessen?
- Is er een verandering in de jaren voorkomen van de sprinkhanen en dagvlinders in de Zelderse Driessen? Wat zegt dit over kwaliteit van het terrein?
- Is er een verband tussen de insecten en de voorkomende flora over de jaren?
- Wat zijn de knelpunten in de kwaliteit van de natuurwaarde in de Zelderse Driessen?

Deze vragen zijn beantwoord en besproken in de discussie. Vanuit hier zijn aanbevelingen opgesteld voor beheer en extern beheer.

2. Gebiedsbeschrijving

In dit onderzoek zal er gekeken worden naar het natuurgebied de Zelderse Driessen. De Zelderse Driessen is gelegen in Noord-Limburg, ten oosten van Gennep onder het dorp Ven-Zelderheide (figuur 2.1). Het gebied bevindt zich in de bocht van de rivier de Niers. Een rivier die ontspringt in Duitsland nabij Erkelenz en bij Gennep uitmondt in de Maas. In totaal is het gebied 92 hectare groot. De Zelderse Driessen is officieel geregistreerd als een beschermd rivierengebied door Natura 2000 (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016). Naast de Zelderse Driessen wordt er ook gekeken naar de bijbehorende graslanden in het noordwesten (figuur 2.1).
Het gebied bestaat uit meerdere habitattypen; stroomdalgraslanden (H6120), beuken-eikenbossen met hulst (H9120), ruigten en zomen (droge bosranden) (H6430_C), droge hardhoutooibossen (H91F0) (figuur 2.2).
De Zelderse Driessen is een van de weinige gebieden waar loofbossen op rivierduinen groeien. Op de terrasgronden grenzend aan dit bosgebied komen stroomdalgraslanden voor. In dit gebied is door vroegere zand- en grindwinning een laagte ontstaan waar nu veel zeldzame soorten voorkomen (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016).

2.1: KAART VAN ZELDERSE DRIESSEN AANGEGEVEN IN DONKER GROEN. DAARNAAST EEN INDICATIE VAN DE LIGGING IN HET LANDSCHAP.

2.2: KAART VAN DE ZELDERSE DRIESSEN MET DE VOORKOMENDE HABITATTYPE.

2.1 Stroomdalgrasland

Stroomdalgraslanden komen voor op hoge oeverwallen, andere zandruggen en zanderige rivierdijken. Essentieel voor dit habitattype zijn korte periode van overstroming of een hoge waterstand. In deze perioden wordt het kalkgehalte bijgehouden. In de andere perioden is de bodem droog. Kenmerkende planten van dit habitattype zijn vooral pionierssoorten. De dynamiek van het maaiveld door zandafzetting of erosie is een factor voor blijvende vestiging. Deze dynamiek is afhankelijk van de rivier (Weeda et al., 2008).
De habitatrichtlijn vermeldt stroomdalgraslanden als prioritair, daarom is het gebied de Zelderse Driessen als Natura-2000 gebied vernoemd. Afgelopen halve eeuw is de oppervlakte van stroomdalgrasland in Nederland meer dan 90% afgenomen (Weeda et al., 2002).

2.2 Hardhoutooibos

Hardhoutooibossen zijn loofbossen binnen het overstromingsbereik van rivieren. In deze bossen groeien onder andere zomereik, iep en es. Wanneer binnen een overstromingsgebied deze vegetatie voorkomt wordt het gezien als hardhoutooibos Hardhoutooibossen komen in Nederland weinig voor (Weeda et al., 2008).

2.3 Beuken-eikenbossen met hulst (H9120)

Beuken- eikenbossen met hulst zijn bossen die voorkomen op voedselarme tot licht voedselrijke zand- en leemgronden. De boomlaag bestaat meestal uit beuk en een struiklaag van hulst en/of taxus. Veel van de biodiversiteit komt voor in de zomen en mantels van het bos, daarom zijn deze opgenomen in het habitattype. Het belang van dit habitattype binnen Europa is groot aangezien Nederland midden van het verspreidingsgebied ligt (Natura 2000, 2008b).

2.4 Ruigten en zomen (droge bosranden)

Ruigten en zomen komen voor langs heggen en bosranden. Ze komen voor op stikstofrijke standplaatsen die niet tot nauwelijks overspoelen door oppervlakte water. In de Zelderse Driessen is er wel sprake van overstroming dat in dit gebied zorgt voor base aanvoer. Er zijn verschillende zeldzame soorten die in dit type voorkomen zoals; Kruisbladwalstro (Cruciata laevipes), Stijve steenraket (Erisymum hieracifolium), Torenkruid (Arabis glabra) en Kleine kaardebol (Dipsacus pilosus) (Natura 2000, 2008a).

2.5 Geologie en bodem

Vroeger stroomde de Rijn in het gebied, deze heeft pakketten zand en grind afgezet. Later is in het gevormde brede dal de Niers gaan lopen. Doordat er in de koude en droge tijden geen vegetatie kon groeien zijn er typerende duincomplexen gevormd door de wind. Langs de Niers is een zone waar licht zand en rivierleem is afgezet. Tijdens de Tweede Wereldoorlog is er zand en grind gedolven, de hierdoor ontstane laagte en de laagte van de oude afzettingen worden regelmatig overstroomd door de Niers. Hierdoor worden onder andere basen aangevoerd zoals calcium (Ca), magnesium (Mg) en kalium (K). Deze basen zijn van belang voor de voorkomende stroomdalgraslandvegetaties, ruigten en zomen en hardhoutooibos (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016).

2.6 Beheer

De Zelderse Driessen is in 2013 aangewezen als Natura 2000 gebied. De Minister van Economische Zaken (EZ) heeft doelstellingen geformuleerd om dit gebied te beschermen. Vanuit deze doelstellingen is een beheersplan opgesteld.
Het belangrijkste doel is het vergroten van het habitattype stroomdalgrasland en het verbeteren van de kwaliteit van dit habitattype. Hiervoor zijn stappen genomen door te plaggen en bekalken in het stroomdal grasland. In het Beuken-eikenbossen met hulst zijn er kapvlaktes bekalkt in 2017. Daarnaast is een doel om de ruigten en zomen (droge bosranden) en de droge hardhoutooibossen te behouden (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016).
Op de stroomdalgraslanden grazen op dit moment runderen. Daarnaast is er een strook met hardhoutooibossen aangeplant om de droge hardhoutooibossen te vergroten in 2017 en in 2019.

3. Materiaal en methode

Om inzicht te krijgen in de ontwikkelingen in de Zelderse Driessen zijn er meerderen karteringen en rapporten gebruikt. Voor elke categorie; fauna, flora en abiotische factoren is er apart gekeken naar subcategorieën. De data en rapporten zijn beschikbaar gesteld door Staatsbosbeheer.

.

3.1 Abiotiek

Voor de abiotische factoren zijn er verschillende rapporten gebruikt met onderzoek in de Zelderse Driessen. Eén bodem onderzoek in het Beuken- Eikenbos en twee met betrekking tot het stroomdalgrasland (Limpt & Veen, 2009; Lucassen et al., 2017; Lucassen & Roelofs, 2017). Uit deze rapporten zijn resultaten en conclusies overgenomen.
Ook zijn er verschillende kaarten gebruikt van 2000 en 2011. Deze kaarten bevatten de gemiddelde eutrofiegraad en zuurgraad. De kaarten zijn Iteratio kaarten, deze zijn gebaseerd op vegetatieopnamen in het gebied. De kaarten van 2000 en 2011 zijn met elkaar vergeleken en de verschillen zijn besproken. Daarnaast zijn de gegevens van Aerius rekentool gebruikt, hier zijn geen duidelijke conclusies uit getrokken omdat het geen harde waarde zijn maar berekend. Deze berekende waarde geven wel een indicatie van de stikstof depositie in het gebied (Natura 2000, 2021). Deze zijn vergeleken met de kritische depositiewaarde (KDW) een grens waarboven er risico bestaat voor kwaliteit van het habitat. Alle gegevens zijn uiteindelijk gekoppeld aan de vegetatie en plantensoorten.

3.2 Flora en vegetatie

3.2.1 Vegetatie

Bij de vegetatie wordt gekeken naar de ontwikkelingen over de periode van 1993 tot 2019. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de (planten-) vegetatiekarteringen van 1993, 2000 en 2019 (Inberg et al., 2012). Met deze data zal gekeken worden naar het voorkomende vegetatietype en de oppervlakte daarvan. Deze gegevens zullen vergeleken worden over de verschillende jaren.
De resultaten van de vegetatie zullen besproken worden waarbij een indruk wordt gegeven over de schaal en kwaliteit van de aanwezige habitattype. Daarnaast kunnen de resultaten gekoppeld worden aan die van de broedvogels en structuur in de Zelderse Driessen.

3.2.2 Flora

Om de flora in kaart te brengen is de (vegetatie-) plantensoortenkartering van 2011 en 2019 gebruikt (Inberg et al., 2012; Loermans et al., 2019). Hierbij is er gekeken naar de trend van de verschillende soorten in kartering 2011 deze is vergeleken met 2019. Echter geeft 2019 geen representatieve resultaten door de droogte in het jaar van karteren. Toch is er gekeken naar de verschillen in aanwezige soorten en voorkomen van over de jaren heen, hier zijn echter geen duidelijke conclusies uit te halen. Daarnaast is er in deze trend tabel gekeken naar rode lijst soorten. De flora is vergeleken met de vegetatie.

3.2.3 Structuur

De structuur is bekeken door middel van de resultaten van de Systematische houtmeetkundige inventarisatie (SyHi) van 2017 (Dolstra et al., 2017). Dit is maar een rapport en kan dus geen inzicht kunnen geven in de veranderingen over de jaren. Daarnaast is het rapport over een steekproef van gelijk soorten bossen. Deze is niet specifiek van de Zelderse Driessen, wel is de Zelderse Driessen meegenomen in de steekproef. De resultaten en conclusies uit dit rapport zijn overgenomen en vergeleken met de resultaten van de broedvogels.

3.3 Fauna

3.3.1 Broedvogels

Om inzicht te krijgen in de broedvogels over de afgelopen 26 jaar, is er gekeken naar de territoriakarteringen van 1993, 2006, 2014 en 2019 opgehaald vanuit NDFF. De broedvogels zijn uiteindelijk gecategoriseerd in groepen, opgesteld door Staatsbosbeheer vanuit het SOVON onderzoeksrapport uit 2002 (Holtland, 2002). Wanneer vogels niet opgenomen zijn in een van deze groepen maar wel binnen een groep behoren is het systeem geactualiseerd. De uiteindelijke broedvogelgroepen zijn beoordeeld per habitattype, er is onderscheid gemaakt tussen het stroomdalgrasland, bossen en de graslanden in het noordwesten (tabel 3.1). De data is ook opgedeeld in deze gebieden. De drie gebieden zijn beoordeeld met een ondergrens en referentie per vogelgroep. De ondergrens geeft het minimale aantal aan voor een voldoende ontwikkeld subdoeltype, de referentiewaarde geeft het ideale beeld aan. Deze grenswaarde en referentie zijn omgerekend van 100 ha naar de betreffende ha. Voor het bosgebied is dit 9,6 ha. De verschillende broedvogelgroepen staan uitgebreid aangegeven in bijlage I.

TABEL 3.1: HABITATTYPES VERDEELD IN SUBDOELTYPE. OOK AANGEGEVEN DE BIJBEHORENDE VOGELGROEPEN PER SUBDOELTYPE EN DE BIJHORENDE ONDERGRENS EN REFERENTIE

Habitattype	Subdoeltype	Vogelgroepen	Ondergrens	Referentie
Stroomdalgrasland	9.5 Droge schraallanden	Grasmus-groep Geelgors-groep Tapuit-groep		
Bossen	3.4 Loofbossen op lemige zangronden	Zwartkopgroep Bosrandstruweelvogels Appelvink-groep Holenbroeders	21,4 6,7 10,6 82,9	64,3 20 31,8 248,6
Graslanden	-	Grasmus-groep		

Daarnaast is er gekeken naar de aanwezige soorten, de ontwikkelingen in aantallen en broedvogels die kenmerkend zijn voor het bosgebied (N15.02 Dennen-, Eiken- en Beukenbos). Deze kenmerkende soorten zijn ook verder uitgewerkt (Bij12, 2018).
De resultaten zijn uiteindelijk gekoppeld aan de resultaten van de vegetatie en structuur.

3.3.2 Zoogdieren

Voor de zoogdieren is voor de dassen informatie van vrijwilligers gebruikt uit de jaren 2000, 2001, 2004, 2006 en 2007. Daarnaast is er zelf veldwerk gedaan bij de verschillende burchten (C. Jansen, 2021). Doordat er weinig data is kunnen geen duidelijke ontwikkeling aangetoond worden, wel kan het iets zeggen over de kwaliteit van de habitattype.

Verder zijn er waarnemingen van NDFF gehaald van de jaren 2011 tot 2019. De waarnemingen zijn van de Zoogdieren vereniging protocol 17.204 Dagactieve Zoogdieren-Broedvogel Monitoring Project (DAZ-BMP) (NEM).

3.3.3 Insecten

Voor de insecten is gekeken naar data uit 2016 verkregen van Natuurbalans (Monitoring beoordeling natuurkwaliteit EHS- N2000 (SNL-2014)). De insecten die zijn meegenomen in dit onderzoek zijn sprinkhanen en dagvlinders. De meest algemene soorten zijn niet meegenomen in de kartering ook is het beperkt tot alleen de graslanden. Met de data is gekeken welke soorten aanwezig zijn in het gebied en in welke aantallen. Ook is er gekeken naar de soorten die kenmerkend zijn voor het stroomdalgrasland volgens SNL criteria (Bij12, 2018) . Uit deze gegevens kunnen geen ontwikkeling weergegeven worden. Wel kunnen de aanwezige insecten een indicatie geven over de kwaliteit van een habitattype.

4. Resultaten

4.1 Abiotisch

4.1.1 Zuurgraad

De bodem in het Beuken-Eikenbos met hulst in de Zelderse Driessen is verzuurd. De baseverzadiging is afgenomen tot 35% of lager. Hierdoor is er sprake van mineralengebrek en aluminium toxiciteit. Uitzondering op deze afname van base zijn locaties aangrenzend van het stroomdalgrasland. Hier is sprake van een basenverzadiging van 90% (Lucassen & Roelofs, 2017).

In 2009 is een onderzoek gedaan naar de abiotische factoren van het stroomdalgrasland. In dit onderzoek is geconcludeerd dat de abiotische omstandigheden nog goed genoeg zijn voor het voorkomen van het droge stroomdalgrasland. De mate van basen en zuren zijn toen als normaal beoordeeld voor het stroomdalgrasland. Een bedreiging voor het stroomdalgrasland en locaties aangrenzend aan het stroomdalgrasland kan de inundatie van de Maas zijn. Door deze inundatie zal de Niers minder vaak overstromen en hierdoor de basenaanvoer verminderen (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016; Limpt & Veen, 2009).

In 2000 heeft het bosgebied dus het gebied met eiken beuken bos voor het grootste deel een zuurgraad gehad tussen 3,5 en 4,5 pH daarnaast hebben kleinere gebieden binnen dit bos een zuurgraad van 4,5 tot 5 pH. In het jaar 2011 had het bosgebied voornamelijk een waarde van 3,5 tot 4,5 pH met kleinere gebieden met een pH waarde van 4,5 tot 5. Het schraal grasland heeft een pH waarde van 5,5 tot 6 en 6 tot 6,5 in het jaar 2000. In 2011 had dit grasland vooral een pH van 5 tot 5,5. Dichter aan de Niers gelegen is de pH-waarde 5,5 tot 6 en 6 tot 6,5. In het westelijke bosgebied is een strook die een pH waarde heeft van 5 tot 5,5 in 2011 en 2000.

4.1.2 Trofiegraad

In hoger gelegen delen van het stroomdalgrasland is er spraken van diepe organisch materiaal inspoeling, de aanwezigheid van dit organisch materiaal kan zorgen voor ophoping van voedingstoffen wat niet ideaal is voor het stroomdalgrasland (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016; Limpt & Veen, 2009).

In 200 zijn er bodemmonsters genomen binnen het stroomdalgrasland. Hier is gekeken naar de hoeveelheid fosfor in de bodem. Hieruit blijkt dat in de hoger gelegen delen van het stroomdalgrasland er concentraties van 2190 tot 4228 µmol/l (Olsen-P: de hoeveelheid fosfor beschikbaar voor de planten) zijn. Terwijl de grenswaarde ligt tussen de 500 en 800 µmol/l bodem. In de lager gelegen delen zijn de concentratie lager maar nog steeds boven de grenswaarde (837-1250 µmol/l). Er is een overmaat aan fosfor in het stroomdalgrasland, dit kan leiden tot een soortenarme vegetatie (Lucassen et al., 2017).

Een groot deel in het bosgebied heeft een waarde van 3,5-4 matig voedselrijk a gekregen in het jaar 2000. In het jaar 2011 is veel van dit gebied voedselrijker geworden en behoort het als een waarde van 4- 4,5 matig voedselrijk b. Er zijn ook delen in het bosgebied waar het in jaar 2011 minder voedselrijk is dan in het jaar 2000. Daarnaast is ook een groot deel van het schraal grasland een voedselrijker geworden van een waarde 3.5-4 matig a in 2000 naar 4-4,5 matig voedselrijk b. Ook zijn er kleinere gedeelten in de Zelderse Driessen die dezelfde waarde van voedselrijkdom hebben behouden.

4.1.3 Luchtkwaliteit

In de het stroomdalgrasland is er een stikstofdepositie van 1560,87 mol/ha/jaar terwijl er sprake is van een kritische depositiewaarde (KDW) van 1286,00. In het beuken-eikenbos is de depositie 2382,14 mol/ha/jaar en heeft een KDW van 1429,00. Het droge hardhoutooibos heeft een KDW van 2071,00 en depositie van 1614,87 mol/ha/jaar. In de ruigten en zomen is er sprake van een depositie van 1920,28 mol/ha/jaar en een KDW van 1857,00. Het stroomdal is zeer gevoelig voor stikstof, het beuken- eikenbos, ruigten en zomen en droge hardhoutooibos is gevoelig. In bijna elk habitattype wordt de KDW overschreden met uitzondering van de ruigten en zomen. In het beuken- eikenbos is er sprake van een zware overschrijding, deze depositie kan de bodem nog verder verzuren. Deze waarde zijn allemaal berekend en zijn dus niet exact wel geeft het een goede indicatie van de stikstofdepositie in het gebied (Natura 2000, 2021).

4.2 Flora en vegetatie

4.2.1 Vegetatie

4.2.1.1 Voedselrijk grasland

Dit gebied is beperkt tot het zuidelijke deel van de Zelderse Driessen. In het gebied zijn drie verschillende vegetatie type te onderscheiden. In de hogere gedeelte komt de kamgrasweide vegetatie voor (16Bc01), samen met Engels raaigras, Vertakte leeuwetand, Goudhaver en Gewoon struisgras.

In de lager gelegen delen komt voornamelijk met Engels raaigras (16- Klasse der matig voedselrijke graslanden) voor. Dit is aanwezig tussen het moeras en de Niers. Daarnaast is er ook naast het moeras het overstromingsgrasland aanwezig (12-Weegbree-klasse). Dit is een kleine oppervlakte die begroeid is met voornamelijk Geknikte Vossenstaart, en soms Fioringras.

Het voedselrijk grasland is niet heel waardevol wel is draagt het bij aan de diversiteit in het gebied (Inberg et al., 2012).

4.2.1.2 Stroomdalgrasland

De bodem in dit gebied is deels kalkrijk en kalkarm, dit zorgt voor verschillende vegetatietypen. Op de beperkte kalkrijke grond komt stroomdalvegetatie voor met bijzondere soorten. Daarnaast komt de associatie van vetkruid en tijm (14Bc01) voor in het afgegraven gebied dat erg waardevol is. Er is sprake van goed kwaliteit in het stroomdalgrasland.

Ook is er een gebied dat minder kalkrijk is. Hier is de vegetatie ontkalkt. Er is enige sprake van vervilting met Rood zwenkgras en Gewoon struisgras, dit lijkt echter minder dan voorgaande kartering. Dit zorgt voor een matige habitatstype. Deze vervilting heeft een relatie met de inspoeling van het organisch materiaal. De achteruitgang van de vervilting kan komen door de droogte van achtereen volgende jaren. In het gedeelte naar de verbinding van het voedselrijkgrasland komt vooral Kruisdistel voor en ook regelmatig Goudhaver deze horen beide binnen de associatie vetkruid en tijm. Deze overgang is goed ontwikkeld (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016; Inberg et al., 2012).

4.2.1.3 Ruigten en zomen

Tussen het droge grasland en bosgebied zit de zoomstrook (open bos). Hier komt de zoomassociatie kruisbladwalstro voor met Torenkruid (33Aa03) en de Gewone agrimonie binnen de marjolein-klasse (17). In dit gebied zijn meerdere verschillende lokale typen gekarteerd. Naast de zoomvegetatie komt ook Grote brandnetel dominant (33- Klasse nitrofiele zomen) voor en soms braam.

Op sommige plekken is het zoomgebied gekarteerd als klasse der eiken- en beukenbossen op voedselrijke grond specifiek met een goed ontwikkelede kruidlaag (43), met Zomereik en Eenstijlige meidoorn. De struiklaag bestaat uit Ruw beemdgras, Gewoon struisgras, Rood zwenkgras en nog algemene bos-zoom soorten. Op enkele plekken is Sleedoorn-orde aanwezig (37A). De Grote brandnetel komt in een te hoge mate voor in het gebied. De zomen en droge bosranden kunnen echter als goed worden beoordeeld (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016; Inberg et al., 2012).

4.2.1.4 Kapvlakten

Er zijn jaren voor 2011 aantal plekken in het bos gekapt. Hier komen niet echte kapvlakte-vegetaties voor. Bramen (35A- Brummel-verbond) en Bochtige smele (20- Klasse der droge heiden) komen dominerend voor in een kleinschalig complex. Voor de rest is er opslag van houtige gewassen, zoals Sporkehout, Ruwe berk, Zomereik en Lijsterbes (Inberg et al., 2012).

4.2.1.5 Beuken- eikenbossen

De bostype Berken- eikenbos met bochtige smele (42Aa01b) domineert in het midden van het bos, rompgemeenschap van gewone braam (42RG02) in de randzone. In het bos domineert de Zomereik met soms de wintereik. In de struiklaag domineert de Lijsterbes en Sporkehout, de Amerikaanse vogelkers is zeldzamer.

In het westen komt Beuken- Zomereikenbos met Adelaarsvaren voor (42Aa02b). Het voorkomen van deze Adelaarsvaren is vrijwel gelijk gebleven vergeleken met een kaartje in Hoegen (1999). Deel van het bos met rompgemeenschap van de gewone braam (42RG02) is ook te beschouwen als Beuken-Eikenbos. Deze is van goede vegetatiekundige kwaliteit. Een hoge dichtheid van de rompgemeenschap van gewone braam is een indicatie van stikstofdepositie (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016; Hennekens, z.d.; Inberg et al., 2012).

4.2.1.6 Hardhoutooibossen

In de boomlaag is de Zomereik dominant daarnaast komt ook de Gewone es voor. Er is een soortenrijke struiklaag met Eenstijlige meidoorn, Wilde appel, Hop, Rode kornoelje, Sleedoorn, Hazelaar, Wilde kardinaalsmuts, Wegedoorn en Gewone vlier.

In de kruidrijke vorm komen veel verschillende bos- zoom soorten voor: Hondsdraf, Dagkoekoeksbloem, Geel nagelkruid, Klimopereprijs, Schaduwgras, Lookzonder-Look, Heggenduizendknoop, Aalbes, Kruisbes, Dolle kervel, Bleeksporig bosviooltje, Grote muur en Drienerfmuur. Ook komt de rompgemeenschap van Grote brandnetel voor samen met kleefkruid maar domineren niet. In de braamrijkevorm komen dezelfde soorten voor maar is het bedekt met minstens 50% Braam.

Ook is er een overgangsbos tussen voedselrijk en voedselarm die voor 50% is bedekt met Braam. Ook is er in 2000 met vochtindicatoren een vorm onderscheiden deze vorm is nauwelijks meer te vinden.

In het hardhoutooibos zijn geen concrete vegetaties te refereren. Toch word het gezien als hardhoutooibos door de landschapsecologische positie. Het gehele gebied is aangewezen als hardhoutooibossen van matige kwaliteit (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016; Inberg et al., 2012).

4.2.2 Planten

Er zijn in 1993, 2000, 2011 en 2019 verschillende plantensoorten karteringen gedaan. In onderstaande tabel (tabel 4.1) zijn de trend van verschillende soorten te zien deze soorten staan of op de rode lijst of zijn kenmerkend voor het habitat. De tabel gaat over de trend tot 2011 en 2019. In 2019 zijn veel soorten niet gevonden tijdens de kartering, dit komt waarschijnlijk door de droogte van 2019 en de jaren daarvoor. Hierdoor zijn verschillende planten niet tot bloei gekomen. Over deze soorten is niet te zeggen of deze zijn verdwenen in het gebied.

TABEL 4.1: DE TRENDS VAN 2011 EN 2019 AANGEGEVEN PER PLANTENSOORT (Inberg et al., 2012; Loermans et al., 2019). **DE RODE AANGEGEVEN SOORTEN ZIJN RODE LIJST SOORTEN.**

+- ONGEVEER GELIJK GEBLEVEN; -- VERDWENEN; - AFGENOMEN; + TOEGENOMEN; ! NIEUW; ? BIJ DE VORIGE KARTERING NIET GEKARTEERD; OF OM ANDERE REDENEN ONBEKEND

*** NIET OP OORSPRONKELIJKE KARTEERSOORTENLIJST**

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Trend 2011	Trend 2019
Appel	Malus sylvestris	?	--
Bosbies	Scirpus sylvaticus	!	--
Buntgras	Corynephorus canescens	--	--
Echte Kruisdistel	Eryngium campestre	+	--
Geel walstro	Galium verum	?	+
Gestreepte klaver	Trifolium striatum	?	--
Gewone agrimonie	Agrimonia eupatoria	+	+-
Gewone vleugeltjesbloem	Polygala vulgaris	?	--
Goudhaver	Trisetum flavescens	?	--
Grasklokje	Campanula rotundifolia	?	--
Grote tijm	Thymus pulegioides	+-	--
Heggerank	Bryonia dioica	+-	--
Hondsviooltje	Viola canina	!	?
Jacobskruiskruid	Senecio jacobaea	?	--
Kaal breukkruid	Herniaria glabra	+-	+
Kamgras	Cynosurus cristatus	?	--
Kruipend stalkruid	Ononis repens	-	--
Kleine bevernel	Pimpinella saxifraga	+-	--
Kleine leeuweklauw	Aphanes inexpectata	-	+-
Kruisbladwalstro	Cruciata laevipes	+-	-
Moeraszegge	Carex acutiformis	+-	--
Scherpe zegge	Carex acuta	+-	?
Stalkaars	Verbascum densiflorum	!	-
Stijf vergeet-mij-nietje	Myosotis stricta	+-	-
Struikhei	Calluna vulgaris	?	--
Tandjesgras	Danthonia decumbens	+	--
Torenkruid	Arabis glabra	+-	+
Viltganzerik	Potentilla argentea	+	+-
Voorjaarsganzerik	Potentilla verna	+	+-
Voorjaarszegge	Carex caryophyllea	+	+
Wegdistel	Onopordum acanthium	!	+-
Zacht vetkruid	Sedum sexangulare	!	--

Zachte haver	Helictotrichon pubescens	!	+
Zwarte toorts	Verbascum nigrum	+-	+-

4.2.2.1 Bos (Beuken-eikenbossen)

Er zijn tijdens het onderzoek naar de kwaliteit van de ondergroei en zomereiken geen typerende base minnende soorten aangetroffen die vroeger kenmerkend waren voor het bos, zoals dalkruid en lelietje van dalen. Ook zijn meerdere soorten achteruit gegaan zoals de wilde appel. In delen van het bos was sterk dominerend braam (bedekking 80-100%) aanwezig. Op andere plekken een lagere bedekking en waren soorten zoals vuilboom, lijsterbes, bochtige smele of vogelkers dominanter aanwezig. Het lelietje-van-dalen was echter in 2011 nog wel gekarteerd (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016; Lucassen & Roelofs, 2017).

De zomereiken binnen het bosgebied zijn niet vitaal dit door de N:P en N:K ratio's. De ratio's zijn rijk aan stikstof waardoor de insectenvraat bevorderd word. Deze ratio's zijn waarschijnlijk ook de oorzaak voor de verdwenen kenmerkende kruiden. De bomen grenzend aan het stroomdalgrasland zijn wel vitaal deze hebben geen mineralenonbalans (Lucassen & Roelofs, 2017).

4.2.2.2 Stroomdalgrasland

In het stroomdalgrasland komen veel verschillende bijzondere soorten voor, zoals Grote tijm en Gewone vleugeltjesbloem. De Grote tijm, maar ook de Kleine bevernel en Zacht vetkruid waren min of meer stabiel tot 2011. In 2019 zijn al deze soorten, naast vele andere, niet meer gezien tijdens de kartering door de droogte.

De bijzondere soorten die niet zijn gevonden in het jaar 2019 zijn Gestreepte klaver, Grote tijm, Gewone vleugeltjesbloem, Goudhaver, Kamgras en Kleine bevernel. Het Stijf-vergeet-mij-nietje is wel gevonden maar in een kleinere dichtheid.

Zacht vetkruid en Kaal breukkruid zijn twee typerende soorten voor het stroomdalgrasland die voorkomen in de Zelderse Driessen. Zoals eerder genoemd is het Zacht vetkruid niet meer gekarteerd in 2019. Het Kaal breukkruid is echter toegenomen tot 2019. Andere typerende soorten zoals slofhak, dwergviltkruid en lathyruswikke zijn als sinds de jaren 50 niet meer aanwezig.

Er is een toename geweest in Geel walstro, Torenkruid, Voorjaarszegge, Zachte haver en Zachte toorts. Tandjesgras en Hondsviooltje zijn waarschijnlijk altijd al in lage dichtheden aanwezig geweest (Inberg et al., 2012). Ook in 2019 is het Hondsviooltje weer in een lage dichtheid waargenomen, Tandjesgras is niet gevonden in het jaar 2019. Doordat er veel soorten niet zijn gezien in 2019 door de droogte is er niet veel te zeggen over de trend tussen 2011 en 2019.

4.2.2.3 Ruigten en zomen

De soorten in de ruigten en zomen zijn onder andere Torenkruid en Gewone agrimonie. Deze soorten zijn beide ongeveer gelijk gebleven in dichtheid tussen 2000 en 2019. De Gewone agrimonie is in 2000 tot 2011 licht toegenomen (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016).

De Kruisbladwalstro is tussen 2011 en 2019 toegenomen in dichtheid. Maar de Heggenrank is niet meer gezien in 2019, terwijl deze gelijk is gebleven tussen 2000 en 2011. De Zwarte toorts, wegdistel zijn stabiel gebleven tot 2019.

Overal is er een sprake van een stabiele situatie binnen dit habitattype

4.2.3 Structuur

De Zelderse Driessen valt onder het natuurbos. In dit bos type zijn inlandse eik en den de dominante soorten. Daarnaast zijn er inheemse loofbomen die een grondvlak van 95 hebben. Dit bostype bestaat voor 95% uit Europese soorten.

Naar schatting komt er voor 51% gemengd bos voor. Waarvan het meest voorkomende mengtype loofbos gemengd met naaldbos is. Ongemengd bos komt naar schatting 32% voor.

De variatie in ontwikkelingsfasen in het bos is zeer klein en jong bos is bijna afwezig. In totaal kan 93% van het areaal tot ouder bos gerekend worden. Hiervan is 31% zeer dicht, 42% staat ruim en 27% zit er tussen. Het areaal van dikke bomen (>40 cm) bedraagt 63%. Er is een groot aandeel (83%) struiklaag binnen het bos accent natuur.

In totaal 4% van de levende voorraad is staand dood hout. 68% bestaat uit inheems loofhout en 64% uit dun hout (tot 30 cm). De hoeveelheid liggend dood hout is naar schatting iets minder dan het staand dood hout. De helft is dunner dan 30 cm en groot deel is tussen de 40 en 50 cm. 65% bestaat uit grove den. 7,8% van her percentage levendhout is voorraad dood hout in het bos.

Volgen de SNL methodiek krijgt het bos een goed. Het wordt gedomineerd door Europese soorten, een sterke struiklaag, veel dikke bomen, en een aanzienlijke hoeveelheid dode dikke bomen. Het mist echter open bos of struweel (Dolstra et al., 2017).

4.3 Fauna

4.3.1 Broedvogels

De broedvogels zijn onderverdeeld in drie delen, het bosgebied, het kruidrijkgrasland en de graslanden westelijk van het gebied.

4.3.1.1 Bos

In het bos gedeelte zijn er in totaal 37 verschillende soorten aanwezig, waarvan er vijf kwetsbaar zijn en vijf gevoelig (bijlage II) (van Kleunen et al., 2017).

Op uitzondering van 2006 is er een groei te zijn in aantal van de broedvogelgroepen; Appelvink-groep, Bosrandstruweel-vogels en Holenbroeders. De Appelvink groep blijft in alle jaren (1993, 2006, 2012 en 2019) boven de ondergrens van 2,1 en referentie waarde van 6,2. De Bosrandstruweel groep maakt een grote stijging in de jaren 2012 waar die van N=9 naar N=29 gaat en 2019 naar N=45. Ook heeft de Holenbroeders een hoog aantal met een gemiddelde van N=44. De Zwartkop-groep heeft een erg laag aantal over de verschillende jaren van max 6. In al deze jaren ligt die onder de ondergrens van N=7. Deze lagen aantallen van de zwartkopgroep kan komen door weinig aanwezigheid van jong bos en juist erg veel oude en dode bomen. Dit is ook te zien in de holenbroeders die juist een hoog boven de referentie komt.
In het algemeen zijn de aantallen van de broedvogelgroepen in het jaar 2006 lager dan de andere op de Holenbroeders na (bijlage I).

Overige soorten die in het bosgebied voorkomen zijn de roofvogels, de buizerd en de havik. Deze zijn beide in elk jaar waargenomen, de buizerd met een aantal tussen twee en drie. De havik komt minder voor met een aantal van één of twee (bijlage II).

De kwalificerende soorten die binnen dit habitattype behoren zijn de appelvink, Boomklever, Fluiter, Geelgors, Groene specht, Kleine Bonte specht, Middelste bonte specht en Wielewaal (Bij12, 2018). Deze worden hieronder toegelicht.

Appelvink (Coccothraustes coccothraustes)

De appelvink komt voor en klei- en zandgronden in dichte, hoge loof- en gemende bossen of parken met rijke structuur. De appelvink kan een stand- of trekvogel zijn. In strenge winters trekken ze naar België of Frankrijk. Ze keren dan jaren achter elkaar terug naar dezelfde locatie waar ze weten dat genoeg voedsel te vinden is. Echter zijn er meestal kleine wintergroepen die ter plaatse blijven.
De appelvink voed zich met zaden van kersensoorten en bomen zoals de Spaanse aak en haagbeuk. De aantallen van de appelvink in Nederland zijn redelijk stabiel (Vogelbescherming, 2021a). In de Zelderse Driessen komt de appelvink voor en is er een kleine stijging te zien in aantallen.

Boomklever (Sitta europaea)

De boomklever komt voor in soortrijke oudere bossen met loofbomen met veel stam. Daarnaast zijn open plekken voor de boomklever ook geschikt. Ze komen ook voor in parken en tuinen. De boomklever eet insecten, zaden en noten. De boomklever blijft het gehele jaar in het zelfde territorium, de jonge boomklevers zwerven om zich later te settelen. De boomklever broedt vaak in oude spechten nesten. De broedpopulatie is de laatste jaren verdubbeld in Nederland (Vogelbescherming, 2021b). In de Zelderse Driessen is deze stijging ook te zien in de aantallen.

Fluiter (Phylloscopus sibilatrix)

De fluiter komt voor in hoog opgaand gevarieerd beukenbos maar ook eikenbossen en gemengde bossen met open plekken op de bosbodem. De fluiter broedt op de bodem in een bal van grassen en bladeren. Voedsel van de fluiter zijn gevleugelde insecten. De fluiter is een trekker die overwintert in Afrika. Het is een schaarse broedvogel met aantalsschommelingen (Vogelbescherming, 2021d). In de Zelderse Driessen is deze schommeling ook te zien. In 1993 was het aantal vier waarna die in 2006 niet is gekarteerd. In 2012 was het aantal drie en in 2019 is die weer niet gekarteerd.

Geelgors (Emberiza citrinella)

De geelgors maakt veel gebruik van hogere (alleenstaande) bomen als zangpost. Ze komen voor in kleinschalig boerenland met houtwallen, singels en bosjes, heide met opslag, hoogveen met opslag en drogere zandgronden. De geelgors nestelt zich op de grond, struik of in jonge bomen. Ze voeden zichzelf met zaden met voorkeur voor tarwe en haver, maar ook verschillende bomen. De geelgors blijft hoofdzakelijk in Nederland en vormen groepen op voedselrijke plekken. De geelgors is verdwenen uit West-Nederland. Ook is de soort in Midden-Nederland afgenomen. De geelgors neemt weer toe in het noordoosten van Nederland (Vogelbescherming, 2021e). In de Zelderse Driessen komt heeft de geelgors in 2019 een aantal van drie. In de voorgaande jaren kwam deze twee keer voor of niet.

Groene specht (Picus viridis)

De groene specht komt voor in open loofbossen, hoogstamboomgaarden, parken en oude houtsingels. Ze broeden in kleinschalige cultuurlandschappen met oude bomen en in de duinen. De groene specht komt steeds vaker voor in stadsparken, polders, recreatiebossen en sportparken. Ze vinden hun voedsel, insecten met name mieren, op de grond. De groene specht is een standvogel die overwintert in Nederland. De groene specht is in 1975 en 2000 erg achteruit gegaan, sinds 1990 is een toename (Vogelbescherming, 2021f). In de Zelderse Driessen is het aantal van deze soort twee in 2019, in de jaren daarvoor kwam die ook niet in grote aantallen voor.

Kleine bonte specht (Dryobates minor)

De kleine bonte specht broedt in loof- en gemengd bos met zachtere boomsoorten zoals berk, wilg, els en populier. Echter broeden ze ook wel in beuken. Deze typen bossen zijn in parken, natuurgebieden, landgoederen, moerasgebieden en langs rivieren te vinden. Ze voeden zichzelf met insecten en in de winter ook wel met fruit. De kleine bonte specht blijft het gehele jaar in het broedgebied. Het aantal van deze soort neemt toe, op uitzondering van een paar regio's (Vogelbescherming, 2021h). In de Zelderse Driessen komt de kleine bonte specht vijf keer voor in het jaar 2019, dit is redelijk gelijk gebleven in vergelijking met de jaren daarvoor.

Middelste bonte specht (Dendrocoptes medius)

De middelste bonte specht komt voor in oud eikenbos. Daarnaast houden ze van open plekken in het bos. Ze eten insecten, rupsen, bessen en noten die ze vinden op de horizontale en dunne takken. De middelste bonte specht komt vooral in het oosten en zuiden voor van Nederland. Ze komen steeds meer voor in het land maar zijn nog steeds zeldzaam in vergelijking met de kleine en grote bonte specht (Vogelbescherming, 2021i). De middelste bonte specht is in het jaar 2019 acht keer gekarteerd in de Zelderse Driessen. In 2012 is deze één keer gekarteerd en de jaren daarvoor niet.

Wielewaal (Oriolus oriolus)

De wielewaal komt voor in vochtige, structuurrijke loofbossen, waar vaak een of twee boomsoorten dominant zijn. De wielewaal voedt zich aan bladminnende insecten zoals nachtvlinders en rupsen, maar ook fruit. De bladminnende insecten komen in grotere aantallen voor in een bos met een of twee dominanten boomsoorten. Daarnaast heeft de wielewaal water in de buurt nodig, de periodieke overstromingen zorgen voor het perfecte bos voor de wielewaal. De wielewaal overwintert in Afrika. In de afgelopen decennia zijn de aantallen gehalveerd. Nu verschilt het sterk per biotoop en regio. De laatste jaren is er een lichte toename (Vogelbescherming, 2021j). In de Zelderse Driessen komt die in kleine aantallen voor tussen de twee en nul in de jaren 1993, 2006, 2012 en 2019.

4.3.1.2 Kruidrijke graslanden

In het kruidrijk grasland zijn in totaal 28 verschillende soorten waargenomen, waarvan vier kwetsbaar zijn en drie gevoelig (bijlage III) (van Kleunen et al., 2017).

De Grasmus-groep stijgt door de jaren heen van N=8 in 1993 tot N=38 in 2019. Deze groep komt voor in de struweelbegroeiing. De Geelgors-groep is in elk jaar erg laag met een aantal van één of twee. De Tapuit-groep is alleen met een aantal 2 in het jaar 2012 waargenomen. Dit is erg laag dit kan betekenen dat er te weinig zandige plekken en/of zeer lage vegetatie aanwezig is (bijlage I).

Voor dit habitattype zijn er geen kwalificerende vogelsoorten.

4.3.1.3 Graslanden

In de graslanden zijn in totaal 12 verschillende vogelsoorten waargenomen. Waarvan er één gevoelig is (van Kleunen et al., 2017). Bij de graslanden is er alleen data verkregen van het jaar 2012 en 2019. De grasmus groep is in die jaren terug genomen van een aantal van zeven naar drie. Er zijn drie soorten die beide jaren zijn waargenomen dit is de grasmus, de meerkoet en de kleine karekiet (bijlage IV). Door te weinig data in dit gebied kunnen geen conclusies getrokken worden.

4.3.2 Zoogdieren

In de jaren van 1998 tot 2007 is er data van één dassenburcht. Deze is tot 2007 zeker bewoond, in 2021 is er weer veldwerk gedaan, hier is een verlaten burcht aangetroffen (figuur 4.2). Daarnaast zijn er nog vier andere dassenburchten bekend in de kaarten tot 2007 hiervan is één burcht activiteit gevonden dit is mogelijk een tijdelijke burcht. Daarnaast is hier een pijp gevonden mogelijk bewoond door een vos. De andere drie burchten zijn niet terug gevonden. Echter is wel een andere actieve burcht aangetroffen in het noorden. Hier zijn dertien pijpen aangetroffen waar er zeven zijn van belopen. Mogelijk is het een kraamburcht (C. Jansen, 2021). Door ontbrekende informatie van een aantal jaar is er niks te zeggen over de populatieontwikkelingen van de dassen in de Zelderse Driessen.

Naast de Dassen zijn er ook drie konijnenburchten waargenomen deze zijn alle drie gelegen in de bosrand (C. Jansen, 2021).

4.1: KAART MET DE AANWEZIGE BURCHTEN EN SPOREN (C. Jansen, 2021).

Ook is er gekeken naar andere zoogdieren in het gebied, er is tot 2019 ook de Eekhoorn, Haas, Konijn, Ree en Vos waargenomen (NDFF, 2021). De aanwezigheid van al deze zoogdieren zegt iets over de goed ontwikkelde bosranden.

4.3.3 Insecten

4.3.3.1 Dagvlinders

In 2016 zijn in totaal vier verschillende soorten gevonden: het bruin zandoogje, het hooibeestje, het icarusblauwtje en de kleine vuurvlinder. Geen van deze soorten staan op de rode lijst. Wel is het hooibeestje een SNL soort voor de het droog schraalgrasland (N11.01). Het bruin zandoogje is in een groot aantal gezien (N=19), het hooibeestje daarna met een aantal van 8. Het minst het gezien zijn het icarusblauwtje (N=2) en de kleine vuurvlinder (N=3). Doordat er maar van één jaar een kartering is kan er niks gezegd worden over veranderingen.

Hooibeestje (Coenonympha pamphilus)

Het hooibeestje is een algemene standvlinder die verspreid over heel Nederland voorkomt. Ze komen voor op open, droge tot vrij vochtige, vrij voedselarme graslanden, pioniersvegetatie en heiden. Het nectar halen ze uit de bloemrijke gedeelten binnen het habitat. De waardplant van het hooibeestje zijn diverse grassen zoals reuk-, zwenk- en beemdgrassen (De Vlinderstichting, 2021).

4.3.3.2 Sprinkhanen

In totaal zijn er drie verschillende sprinkhanen soorten waargenomen in het stroomdalgrasland in het jaar 2016. De waargenomen soorten zijn knopsprietje negertje en schavertje. Geen van deze soorten staan op de rode lijst. Het schavertje is heet vaakst waargenomen (N=27), daarna het knopsprietje (N=25) en maar twee keer waargenomen is het negertje. Met deze data kunnen geen conclusies worden getrokken.

5. Discussie en conclusie

Is er verandering geweest in de abiotische factoren over de jaren?

In het stroomdalgrasland zijn de mate van basen, zuren en voedingsstoffen nog goed aanwezig volgens het onderzoek in 2009. Wel is er sprake van inspoeling van organisch materiaal in de hoger gelegen delen. Deze inspoeling kan zorgen voor de te voedingsrijke bodem voor het stroomdalgrasland. Voor het stroomdalgrasland is de bodem die licht voedselrijk of matig voedselrijk ideaal, het is van belang dat de bodem niet te voedselrijk wordt (Natura 2000, 2008c). Het laatste bodem onderzoek is twaalf jaar geleden, om een beter beeld te krijgen van de bodem nu wordt een nieuw onderzoek aangeraden.

In het bosgebied is duidelijk dat de bodem verzuurd is. Dit heeft geleid tot mineralengebrek en aluminium toxiciteit. Naast deze al verzuring van het bosgebied is ook de depositiewaarde hoger dan de KDW in het gebied. Deze depositiewaarde is een berekening en geen gemeten waarde, wel is deze waarde van belang aangezien depositie zorgt voor verdere verzuring van de bodem (van Breemen et al., 1984).

Welke vegetatie is er aanwezig in de Zelderse Driessen? Is er verandering geweest over de jaren?

In het stroomdalgrasland komt de belangrijke associatie van vetkruid en tijm, deze associatie komt voor in op voedselarme bodems (Hennekens, z.d.). In de Zelderse Driessen is de kwaliteit van deze associatie goed. Wel is er sprake van vervilting van Rood zwenkgras en Gewoon struisgras. Roodzwenkgras komt op voedselrijkere bodems voor maar ook op nattere omstandigheden. De aanwezigheid van Roodzwenkgras is door een voedselrijkere bodem door inspoeling van organisch materiaal, mogelijk kan een vochtigere omstandigheden hier ook een reden voor zijn (Hennekens, z.d.). De achteruitgang van vervilting kan komen door de drogere jaren, het is van belang dat de vervilting in de gaten wordt gehouden voor de belangrijke associaties in dit gebied.

In het voedselrijk grasland komt de kamgrasweide vegetatie voor. In een lager gelegen delen komt voornamelijk Engels raaigras voor. Deze soort komt op voedselrijke tot zeer voedselrijke bodems voor (*FLORON Verspreidingsatlas | Lolium perenne - Engels raaigras*, 2021). De kamgrasweide vegetatie komt vooral voor in matig voedselrijk tot voedselrijke bodems (Hennekens, z.d.). Het lager gelegen deel van het voedselrijke grasland is waarschijnlijk voedselrijker dan het hoger gelegen gedeelte.

In de zomen en droge bosranden komt de zoomassociatie kruidbladwalstro met torenkruid voor en gewone agrimonie. De zomen en droge bosranden zijn als goed beoordeeld. Deze associatie komt maar op een enkele plekken voor, het is belang dat deze associatie van goede kwaliteit blijft (Hennekens, z.d.).

In het Beuken- eikenbossen komt de rompgemeenschap van de gewone braam voor. De rompgemeenschap van de Gewone braam kan voorkomen door een verhoogde aanvoer van stikstof of veranderende lichtomstandigheden (Hennekens, z.d.). De Gewone braam komt ook dominant voor in de kapvlaktes. In de struiklaag van het Beuken-eikenbos komt de Amerikaanse vogelkers voor deze soort is afkomstig uit Noord-Amerika en is een exoot, deze werd vroeger aangeplant voor de bodemeigenschappen. Nu word het gezien als plaag en word massaal bestreden. Van belang is dat deze soort niet te dominant word in het bosgebied (Hennekens, z.d.).

Komt de vegetatie overeen met de habitattype aangegeven door Natura 2000?
De vegetatie van de vegetatiekartering 2011 komt voornamelijk overeen met de habitattype aangegeven door Natura 2000.

In het Beuken-eikenbos komt de vegetatie berken- eikenbos met bochtige smele, rompgemeenschap van gewone braam en beuken-eikenbos voor die allemaal behoren tot het habitattype (Natura 2000, 2008b). In het stroomdalgrasland komt de associatie vetkruid met tijm voor die binnen dit habitattype past. In de overgang naar het voedselrijkgrasland komen andere vegetatie type voor die niet meer binnen het stroomdalgrasland type passen (Natura 2000, 2008c). Voor ruigten en zomen in droge bosranden behoort het vegetatietype verbond van look-zonder-look waar de kruisbladwalstro -associatie met torenkruid onder valt (Natura 2000, 2008a).

Is er een verband tussen de abiotische factoren en de vegetatie/flora over de jaren?
De vervilting met Rood zwenkgras en Gewoon struisgras in het stroomdalgrasland heet een relatie met de inspoeling van organisch materiaal in de bodem. Hierdoor is dit deel als matig habitattype beoordeeld. Van deze inspoeling is alleen sprake in het hoger gelegen gedeelte van het stroomdalgrasland (Limpt & Veen, 2009). Rood zwenkgras en Gewoon struisgras komt voor op vochtigere gronden, door droogte van aantal jaren kan dit een reden zijn van terugname van deze soorten (Hennekens, z.d.). Echter is aanblijvende droogte slecht voor soorten met kleine populaties en bedreigde soorten (A. Jansen et al., 2020).

Daarnaast is de bodem in het Beuken-Eikenbos verzuurd, hierdoor zijn de base minnende soorten niet meer aanwezig in het bos terwijl deze eerst kenmerkend waren voor dit gebied. Ook zijn de zomereiken niet vitaal in het bosgebied dit komt door de hoge hoeveelheid stikstof in de bodem (Lucassen & Roelofs, 2017).

Is er een verandering van vegetatie te zien over de jaren door het beheer?
Er zijn meerdere manieren van beheer, in het stroomdalgrasland is er sprake van begrazing door runderen. Hoefdiersoorten hebben ieder een voorkeur voor bepaalde vegetatie. Dit hangt af per soort maar ook aanbod en kwaliteit van de voedselbronnen. Hoefdieren zorgen voor een verandering in competitieve verhoudingen waardoor minder concurrentiekrachtige soorten meer kans krijgen (Kuiters, 2004). Uit onderzoek blijkt dat continue begrazing door paarden kan zorgen voor een hogere soortenrijkdom vergeleken met runderen (Schmitz & Isselstein, 2020). Paarden voeden zich met planten dichter bij de grond waarmee ze zorgen voor structuur van kort en laag gras. Dit zorgt voor een structurele diversiteit (Menard et al., 2002). Door de voordelen die begrazing door paarden heeft wordt dit begrazingtype aangeraden.
Om de ruigten en zomen te verbeteren is de bosrand opgemaakt en strooisel verwijderd, duidelijke verschillen in vegetatie is niet gevonden (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016).

Daarnaast is er ook in het Beuken-Eikenbos aantal plekken bekalkt voor de verzuring die is opgestreden. Om de werking hiervan te bevestigen word er aangeraden om bodemmonsters te nemen en vegetatie te karteren.

Welke plantensoorten komen voor in de Zelderse Driessen? Is er verandering geweest over jaren?
In de plantensoorten kartering van 2019 zijn veel verschillende soorten niet gezien. Over deze soorten kan niet gezegd worden dat deze niet meer aanwezig zijn in het gebied. Waarschijnlijk stonden door droogte van het jaar de bloemen niet in bloei tijdens de kartering, en zijn ze hierdoor niet gevonden. Zoals eerder benoemd kan langdurige droogte slecht zijn voor deze kleinere populaties, van belang is dat er een nieuwe kartering word gedaan waar de schade van de droge jaren in mee word genomen (A. Jansen et al., 2020). Behoud van deze soorten is erg belangrijk. Sinds de jaren 50 zijn namelijk al meerdere soorten verdwenen (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016)

Daarnaast blijkt uit het onderzoek naar kwaliteit van de ondergroei en zomereiken in het bosgebied dat kenmerkende soorten (dalkruid, lelietje-van-dalen, gewone salomonszegel en witte klaverzuring) niet meer aanwezig zijn door de verzuring van de bodem (Lucassen & Roelofs, 2017; Natura 2000, 2008b). Deze meeste soorten zijn ook niet terug gevonden in de kartering van 2011 en 2019 .

Welke broedvogelsoorten komen er voor in de Zelderse Driessen?
In de Zelderse Driessen komen veel verschillende broedvogels voor waarvan er zeven als kwetsbaar en zeven als gevoelig de rode lijst staan. In het bosgebied komen acht verschillende kwalificerende soorten van het Dennen- Eiken- en Beukenbos voor. Daarnaast komen ook de roofvogels de havik en buizerd voor in het gebied. Deze roofvogels komen voor in combinaties van bos met open land, dit komt overeen met de Zelderse Driessen. De buizerd is de meest voorkomende roofvogel in Nederland ook is de havik niet bijzonder in Nederland (Vogelbescherming, 2021g, 2021c).

Is er een verandering geweest in de broedvogelsoorten en aantallen over de jaren?
Voor de broedvogelgroepen in het bosgebied is een groei te zien. De vogelgroepen blijven met uitzondering van de zwartkop-groep boven de ondergrens. In de kruidrijke graslanden is er een stijging van de grasmus-groep. De geelgors-groep is erg laag gerepresenteerd in het gebied, de tapuit-groep kan als niet aanwezig worden gezien. In de graslanden is weinig data van te zien, de grasmus-groep is in lage aantallen aanwezig in dit gebied.

Is er een verband tussen de verschillen in vegetatie en structuur en broedvogelgroepen?
In het bosgebied komt de Holenbroeders ver boven de ondergrens en referentie uit, deze groep bevindt zich in oude en dode bomen. In de structuur is te zien dat er een aanzienlijke hoeveelheid dode dikke bomen aanwezig is in het bosgebied. Daarnaast is er sprake van vooral oud bos waarbij jong bos bijna afwezig is. Dit is ook te zien in de zwartkop-groep die slecht vertegenwoordigd wordt, de zwartkopgroep houd van struwelen en jong bos. De bosrandstruweel-vogels zijn wel ruim boven de ondergrens en referentie, deze groep komen voor in bosranden, jong bos en struwelen. Zoals eerder genoemd is jong bos maar ook struweel niet goed ontwikkeld in het bos. Wat een mogelijke verklaring kan zijn voor toch een hoog aantal voor deze groep is dat veel vogels in deze groep die voorkomen vooral een goede bosrand, en/ of open bos, en/of open plekken. 42% van het oude bos staat ruim van elkaar daarnaast zijn meerdere open plekken door kapvlakten. Het kwaliteit van de bosrand is niet via de structuur over vegetatie te achterhalen. De Appelvink- groep bevind zich in bossen met opgaande loofbomen hoger dan 10 meter. Ze worden het best vertegenwoordigd in vochtige, voedselrijke loofbossen. De Appelvink-groep voldoet elk jaar over de ondergrens in het gebied. Ook uit de structuur blijkt dat deze loofbossen goed zijn ontwikkeld (bijlage I, Dolstra et al., 2017; Holtland, 2002).

In de kruidrijke graslanden is de grasmusgroep sterk vertegenwoordigd deze vogelgroep komt voor in struweelbegroeiing en structuurrijke bosranden. Veel soorten uit de groep hebben een voorkeur voor een vochtig omgeving.
De Tapuit-groep is alleen in 2012 waargenomen. De Tapuit-groep bevindt zich op stuifzandvegetaties en droogheide met zandige plekken en/of zeer lage vegetaties.
De Geelgors-groep is van de boomgroep in open gebied, bosranden en open bossen. Van belang bij deze is groep is de aanwezigheid van kale, zandige plekken op de bodem (Holtland, 2002).

Voor de westelijke graslanden is er alleen data van 2012 en 2019 hier is wel te zien dat er een lichtelijke achteruitgang is in de grasmus-groep. Hier kan alleen niet veel over gezegd worden. Voor dit gebied zal een nieuwe kartering van belang zijn.

Welke zoogdieren zijn aanwezig in de Zelderse Driessen?
In het gebied komt de das, eekhoorn, haas, konijn, ree en vos voor.

Is er een verandering in aantallen en soorten geweest over de jaren?
Er is een verandering te zien in de actieve dassenburchten. Tot zeker 2007 is een burcht actief geweest in 2021 is deze verlaten terug gevonden. Wel is in 2021 in andere actieve burcht gevonden en mogelijk een tijdelijke burcht. Dit betekend dat de das nog niet uit de Zelderse Driessen is verdwenen. Niet zeker is of de populatie is gegroeid, gelijk gebleven of is verminderd. Dit komt doordat er geen data is van de andere burchten en hier dus niets over gezegd kan worden.

De das leeft in verschillende biotopen maar hebben een voorkeur voor kleinschalig akker-weidelandschap met verspreide bosjes, heggen en houtwallen. Voor de rest komen ze ook voor op open terreinen. Het gebied moet voldoen aan een groot voedselaanbod, geen tot weinig verstoring, dekking en een bodem waar een burcht in kan worden gegraven. Ook moet de grondwaterstand laag genoeg zijn (De Zoogdiervereniging, 2021a).
Veranderingen van andere zoogdiersoorten is niet bekend, door gebrek aan data. Wel is bekend dat reeën invloed hebben op de verjonging in het bos. Reeën hebben een voorkeur voor bepaalde loofboomsoorten zoals de zomereik en beuk, door deze voorkeur zullen minder gelieve bomen meer kans hebben op verjonging (Kuiters & Slim, 2000).

Is er een verband tussen de vegetatie en zoogdieren over de jaren?
Er is geen verband te zien tussen de vegetatie en zoogdieren. Dit komt door weinig data van de zoogdieren. Van de dassen is er relatief meer data, echter is er een gat van een aantal jaar aan data waardoor deze niet te vergelijken is met de vegetatiekarteringen.

Wat zegt het levensgebied van de voorkomende zoogdieren over het biotoop?
Hazen en konijnen maken holen onder andere in bosranden en ruigtezomen. Ze eten grassen, kruiden en akkerbouwproducten. Beiden houden ze ook van open terreinen net als de das (De Zoogdiervereniging, 2021c, 2021b, 2021a). De aanwezigheid van deze dieren geeft aan dat de bosrand goed ontwikkeld is.

Welke soorten dagvlinders en sprinkhanen komen voor in de Zelderse Driessen?
In 2016 zijn in totaal vier soorten dagvlinders gevonden, één hiervan is een karakteristieke vlinder voor het droog schraalland. Een laag aantal vlinders zegt iets over de aanwezige vegetatie, hier zijn ze namelijk afhankelijk van (Thomas et al., 2010). In totaal zijn er drie verschillende sprinkhaan soorten gekarteerd, geen staan op de rode lijst.

Is er een verandering in de jaren voorkomen van de sprinkhanen en dagvlinders in de Zelderse Driessen? Wat zegt dit over kwaliteit van het terrein?
Omdat er maar van één jaar een kartering is gemaakt is er niet iets te zeggen over veranderingen van de vier voorkomende soorten. Dit geldt ook voor de sprinkhanen.

Is er een verband tussen de insecten en de voorkomende flora over de jaren?
Er is geen duidelijk verband te zien aangezien er van de insecten maar één jaar data aanwezig is. Wel kan minder bloeiende planten zorgen voor minder aanwezige vlinders dit omdat ze deze nodig hebben voor hun voedsel.

Wat zijn de knelpunten in de kwaliteit van de natuurwaarde in de Zelderse Driessen?
Er zijn meerdere mogelijke knelpunten voor de kwaliteit van de natuurwaarde in de Zelderse Driessen. Verschillende zijn hier boven al besproken. De belangrijkste knelpunten zijn:

- **Basen aanvoer van de Niers**: Basen aanvoer is essentieel voor het voorkomen van de stroomdalgraslandvegetaties, maar ook de ooibossen en de ruigten en zomen. Echter zorgt de inundatie van de Maas ervoor dat de Niers minder vaak overstroomt. De huidige frequentie van overstroming is vier jaar, mogelijk wordt dit minder in de toekomst (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016).
- **Bodem bosgebied:** De bodem van het bosgebied is aan het verzuren. Door deze verzuring is de kwaliteit van de zomereik achteruit gegaan. Naast de zomereik kan het ook andere flora slecht beïnvloeden. Daarnaast zullen minder gewenste soorten profiteren van deze bodem samenstelling (Hennekens, z.d.; Lucassen & Roelofs, 2017).
- **Stikstofdepositie:** In bijna alle gebieden is de depositie boven de kritische depositiewaarde (KDW). Een hoge stikstofdepositie zorgt onder andere ervoor dat de bodem verzuurd. Uit onderzoek is gekomen dat de bodem in het bosgebied al sterk verzuurd is. Van belang is dat de depositie onder de KDW komt zodat de depositie niet voor verdere schade zorgt (Lucassen & Roelofs, 2017; van Breemen et al., 1984).
- **Droogte:** De afgelopen jaren zijn extreem droge jaren geweest. Flora (maar ook fauna) heeft vocht nodig om te overleven. Planten kunnen van één droog jaar herstellen. Echter het overleven van achtereen lopende droge jaren is minder kansrijk met name voor kleine populaties die vaak juist beschermd moeten worden (A. Jansen et al., 2020).
- **Isolatie van het gebied:** De Zelderse Driessen is een geïsoleerd natuurgebied. Dit heeft gevolgen voor de stroming van soorten. In een geïsoleerder gebied is er meestal een lagere soortrijkdom door de mindere instroom en uitstroom van individuen en soorten (Zaviezo et al., 2006).
- **Niers heeft geen erosie kracht:** Doordat de Niers overstroomt gelijk met de Maas afvoerpieken zal er een lage erosieve kracht zijn (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016).
- **Gemeente met fietspad:** De gemeente heeft plannen om een fietspad aan te leggen door de Zelderse Driessen. Dit plan brengt meerdere knelpunten met zich mee zoals verstoring van fauna, beschadiging vegetatie, ruimtebeslag en versnippering, vervuiling en mogelijk directe populatieveranderingen (Henkens et al., 2012).
- **Waterkwaliteit van Niers:** De Niers vult met water door regenwater, grondwater, riool overstorten, afvoer vanuit Duitsland en zijbeken in Nederland. Het water is voedselrijk. De stikstof, fosfaat, sulfaat, koper, zink en nikkel normen worden overschreden (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016)

6. Adviezen

Om te zorgen dat de Zelderse Driessen optimaal beheerd wordt zijn er de volgende aanbevelingen gedaan:

- **Een nieuw bodemonderzoek stroomdalgrasland**: De bodem van het stroomdalgrasland is in 2009 als laatst onderzocht. In deze tijd kan er al veel zijn veranderd. De bodem is erg belangrijk voor de voorkomende bijzondere vegetatie in het gebied.
- **Rekeningen houden in vegetatiekartering:** Van belang is dat in de volgende vegetatiekartering goed word gekeken naar de vervilting in het stroomdalgrasland en Amerikaanse vogelkers in het bosgebied. Het is belangrijk om verandering hiervan in kaart te blijven houden.
- **Aandacht voor bijzondere soorten:** Naast dat het belangrijk is om exoten in de gaten te houden is het ook erg belangrijk om dit bij de bijzondere soorten te doen. Dit geldt vooral voor de soorten in het stroomdalgrasland en in de zomen en struwelen. Van belang is om deze veranderingen goed in de gaten te houden.
- **Onderzoek naar de bekalking in Beuken-Eikenbos:** In het Beuken-Eikenbos zijn in 2017 meerdere proefvlakken bekalkt. Nader onderzoek naar de bodem en groeiende vegetatie kan inzicht geven over het herstel.
- **Nieuwe plantenkartering:** In 2019 is een plantenkartering uitgevoerd. Deze kartering geeft geen inzicht van de werkelijke situatie, doordat er weinig soorten zijn gevonden door de droogte. Een nieuwe kartering zal een goede inzicht geven over de werkelijke situatie.
- **Begrazing door paarden**: Voor de begrazing in de Zelderse Driessen worden paarden aangeraden door de verschillende voordelen zoals structuurdiversiteit en een hogere soortenrijkdom.
- **Luchtkwaliteit verbeteringen:** De depositie in de lucht is boven de kritische depositiewaarde voor de meeste habitattypes. Van belang is om de depositie onder deze waarde te krijgen, maatregelen hiervoor zijn PAS maatregelen opgesteld (Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, 2016).
- **Verandering extern beheer:** Extern beheer heeft ook grote invloed op de Zelderse Driessen. Zo zijn de lucht- en waterkwaliteit knelpunten in het gebied. Daarnaast is ook de basenaanvoer afhankelijk van de overstroming van de Niers. Verbetering van deze factoren zal een effect hebben op het natuurgebied.

Literatuurlijst

Bergers, P. J. M., & Kalkhoven, J. T. R. (1996). *Versnippering van de natuur in Nederland*. https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/391547

Bij12. (2018). *BIJLAGE-Deel I KWALITEITSMAATLATTEN BEHEERTYPEN NATUURNETWERK bij: Werkwijze Monitoring en Beoordeling*. https://www.bij12.nl

Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., MacE, G. M., Tilman, D., Wardle, D. A., Kinzig, A. P., Daily, G. C., Loreau, M., Grace, J. B., Larigauderie, A., Srivastava, D. S., & Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. In *Nature* (Vol. 486, Nummer 7401, pp. 59–67). Nature Publishing Group. https://doi.org/10.1038/nature11148

De Vlinderstichting. (2021). *Vlinder: hooibeestje / Coenonympha pamphilus*. https://www.vlinderstichting.nl

De Zoogdiervereniging. (2021a). *Das* . https://www.zoogdiervereniging.nl

De Zoogdiervereniging. (2021b). *Haas* . https://www.zoogdiervereniging.nl

De Zoogdiervereniging. (2021c). *Konijn*. https://www.zoogdiervereniging.nl

Dienst Landelijk Gebied, & Staatsbosbeheer. (2016). *Natura 2000-beheerplan Zeldersche Driessen (143)*.

Dolstra, F., Schoonderwoerd, H., Al, E., & Sinke, R. (2017). *Het bos van Bergen , Maas en Limburg : Resultaten SyHI 2017*.

European Commission. (2021). *Natura 2000 - Environment*. https://ec.europa.eu

FLORON Verspreidingsatlas | Lolium perenne - Engels raaigras. (2021). https://www.verspreidingsatlas.nl/

Henkens, R. J. H. G., Broekmeyer, M. E. A., Schotman, A. G. M., Goossen, C. M., & Pouwels, R. (2012). *Kennis over effecten, kwetsbaarheid, handelingsperspectieven en monitoring van recreatie in Natura 2000-gebieden*. https://library.wur.nl/

Hennekens, S. (z.d.). *SynBioSys Nederland* (3.4.6).

Hoegen, A. G. (1999, augustus). Grepen uit de geschiedenis van de Zelderse Driessen. *Natuurhistorisch maandblad*, 204–214.

Holtland, J. (2002). *Catalogus broedvogels*.

Inberg, H., Japink, M., & Leusink, L. (2012). *Vegetatie- en plantensoortenkartering Regio Zuid 2011*.

Jansen, A., Bouma, J., de Meij, T., Vegter, U., & Wallis de Vries, M. (2020). *Droogte ingrijpend voor natuur in hoog Nederland ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit*. https://www.knmi.nl

Jansen, C. (2021). *Veldrapport dassenburchten in Zelderse Driessen*.

Kuiters, A. T. (2004). *Ontwikkeling van mozaïeklandschappen onder invloed van begrazing*.

Kuiters, A. T. ., & Slim, P. A. (2000). *Bosverjonging onder invloed van wilde hoefdieren in het Staatsdomein bij Het Loo*. Alterra rapport 165

Kuussaari, M., Bommarco, R., Heikkinen, R. K., Helm, A., Krauss, J., Lindborg, R., Öckinger, E., Pärtel, M., Pino, J., Rodà, F., Stefanescu, C., Teder, T., Zobel, M., & Steffan-Dewenter, I. (2009). Extinction debt: a challenge for biodiversity conservation. In *Trends in Ecology and Evolution* (Vol. 24, Nummer 10, pp. 564–571). Elsevier Current Trends. https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.04.011

Limpt, P. Van, & Veen, D. Van Der. (2009). *Graven naar kwaliteit*.

Loermans, J., van de Haterd, R., & de Gier, P. (2019). *Plantensoortenkartering Noord-Limburg 2019*.

Lohbeck, M., Bongers, F., Martinez-Ramos, M., & Poorter, L. (2016). The importance of biodiversity and dominance for multiple ecosystem functions in a human-modified tropical landscape. *Ecology*, *97*(10), 2772–2779. https://doi.org/10.1002/ecy.1499

Lucassen, E., & Roelofs, J. (2017). *Onderzoek kwaliteit van de ondergroei en de zomereiken in de Zelderse Driessen (Beuken- Eikenbos met hulst) Mogelijke herstelmaatregelen*.

Lucassen, E., Timmermans, B., & Roelofs, J. (2017). *Uitmijnadvies stroomdalgraslanden Zelderse Driessen* (Nummer December).

Menard, C., Duncan, P., Fleurance, G., Georges, J. Y., & Lila, M. (2002). Comparative foraging and nutrition of horses and cattle in European wetlands. *Journal of Applied Ecology*, *39*(1), 120–133. https://doi.org/10.1046/J.1365-2664.2002.00693.X

Ministerie van LNV, IenW/RWS, & IPO/Provincies. (z.d.). *Adviesrapport actualistatie doelensysteem Natura 2000.*

Natura 2000. (2008a). *Profiel habitattype; Voedselrijke zoomvormende ruigten van het laagland, en van de montane en alpiene zones (H6430)*. 1–10.

Natura 2000. (2008b). *Profiel habitattype; Zuurminnende Atlantische zuurminnende beukenbossen met Ilex en soms ook Taxus in de ondergroei (Quercion robori-petraeae of Ilici-Fagenion) (H9120). september.*

Natura 2000. (2008c). *Profiel habitattype: Stroomdalgraslanden. september.*

Natura 2000. (2021). *AERIUS - Calculator*. https://calculator.aerius.nl

Natura2000. (2021). *Natura 2000 gebieden*. https://www.natura2000.nl

NDFF. (2021). *Nationale Databank Flora en Fauna*. https://www.ndff.nl/

Schmitz, A., & Isselstein, J. (2020). Effect of grazing system on grassland plant species richness and vegetation characteristics: Comparing horse and cattle grazing. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(8), 1–17. https://doi.org/10.3390/SU12083300

Staatsbosbeheer. (2021). *Feiten en cijfers over Staatsbosbeheer.* https://www.staatsbosbeheer.nl

Thomas, C. D., Hill, J. K., Anderson, B. J., Bailey, S., Beale, C. M., Bradbury, R. B., Bulman, C. R., Crick, H. Q. P., Eigenbrod, F., Griffiths, H. M., Kunin, W. E., Oliver, T. H., Walmsley, C. A., Watts, K., Worsfold, N. T., & Yardley, T. (2010). *A framework for assessing threats and benefits to species responding to climate change*. https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2010.00065.x

Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., Schindler, D., Schlesinger, W. H., Simberloff, D., & Swackhamer, D. (2001). Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. *SCIENCE*, *292*, 281–284. https://doi.org/10.1126/science.1057544

van Breemen, N., Driscoll, C. T., & Mulder, J. (1984). *Atmosferische depositie en verzuring van bodem en water*. https://edepot.wur.nl/266670

van Kleunen, A., Foppen, R., & van Turnhout, C. (2017). *Basisrapport voor de Rode Lijst Vogels 2016 volgens Nederlandse en IUCN -criteria.* https://www.sovon.nl/sites/default/files/doc/rap_2017-34_basisrapport-rode-lijst-2016.pdf

Vogelbescherming. (2021a). *Appelvink* . https://www.vogelbescherming.nl

Vogelbescherming. (2021b). *Boomklever* . https://www.vogelbescherming.nl

Vogelbescherming. (2021c). *Buizerd* . https://www.vogelbescherming.nl

Vogelbescherming. (2021d). *Fluiter*. https://www.vogelbescherming.nl

Vogelbescherming. (2021e). *Geelgors* . https://www.vogelbescherming.nl

Vogelbescherming. (2021f). *Groene specht* . https://www.vogelbescherming.nl

Vogelbescherming. (2021g). *Havik*. https://www.vogelbescherming.nl
Vogelbescherming. (2021h). *Kleine bonte specht* . https://www.vogelbescherming.nl
Vogelbescherming. (2021i). *Middelste bonte specht* . https://www.vogelbescherming.nl
Vogelbescherming. (2021j). *Wielewaal* . https://www.vogelbescherming.nl
Weeda, E. J., Schaminée, J. H. J., & Duuren, L. van. (2002). *Atlas van plantengemeenschappen in Nederland*. https://research.wur.nl/en/publications/atlas-van-plantengemeenschappen-in-nederland-deel-2-graslanden-zo
Weeda, E. J., Schuiling, C., Jacobs, T., & Willemen, J. P. M. (2008). *Inventarisatie ruimteclaims in rivierengebied ten behoeve van Natura2000 en de Ecologische HoofdStructuur*. https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/39690
Zaviezo, T., Grez, A. A., Estades, C. F., & Pérez, A. (2006). Effects of habitat loss, habitat fragmentation, and isolation on the density, species richness, and distribution of ladybeetles in manipulated alfalfa landscapes. *Ecological Entomology*, *31*(6), 646–656. https://doi.org/10.1111/J.1365-2311.2006.00830.X

Bijlage

I. Beschrijving broedvogelgroepen

Stroomdalgrasland (9.5 Droge schraallanden)

Grasmus-groep

De grasmus-groep zijn broedvogels die bij struweelachtige begroeiing en structuurrijke bosranden behoren. De grasmus-groep komt voor in verschillende landschapstypen zoals (struweelrijke) duinen, open en jonge bossen (lager dan 4-5 m), bosranden met struiken, jong bosopslag in moeras eb kleinschalig agrarisch landschap (heggen en houtwallen). Meerdere soorten uit deze groep hebben een voorkeur voor vochtige omgeving (Holtland, 2002). Vogels die gerekend worden binnen deze groep staan in de onderstaande tabel (tabel I.I).

TABEL I.I: DE VERSCHILLENDE VOGELS MET DE VEELEISENDHEID EN BIOTOOPEISEN DIE IN DE GRASMUS-GROEP BEHOREN (Holtland, 2002).

Soortnaam	Veeleisendheid	Biotoopeisen
Heggemus	1	struiken, struwelen, jong bos, geen boomlaag (wel bosrand)
Nachtegaal	2	struiken, struwelen, basisch, vochtig, nat
Roodborsttapuit	2	structuurrijke lage vegetaties, ruigten, uitkijkposten (struiken, paaltjes, etc)
Bosrietzanger	2	vochtig, open struweel
Spotvogel	2	hoge struwelen
Orpheusspotvogel	2	hoge struwelen, open bos
Braamsluiper	2	struwelen
Grasmus	2	struwelen
Tuinfluiter	1	struwelen, bosrand met struiken
Fitis	1	struiken, struwelen, jong bos
Grauwe Klauwier	3	grote insecten, hagedissen, struweel
Kneu	2	struwelen, kruidenrijke vegetaties

Geelgors-groep

De geelgors-groep zijn broedvogels die voorkomen in boomgroepen in open gebied, bosranden en open bossen. Belangrijk is dat er kale zandige plekken aanwezig zijn op de bodem. Deze kenmerken zijn op veel plaatsen aanwezig zoals heide en stuifzand, bosranden en open bossen en houtwallen, bomenrijen en bosjes in het cultuurland (Holtland, 2002). De vogelsoorten die binnen deze groep behoren staan in de onderstaande tabel (tabel I.II).

TABEL I.II: DE VERSCHILLENDE VOGELS MET DE VEELEISENDHEID EN BIOTOOPEISEN DIE IN DE GEELGORS-GROEP BEHOREN (Holtland, 2002).

Soortnaam	Veeleisendheid	Biotoopeisen
Nachtzwaluw	3	open bos, bosranden met kale bodem, nachtvlinders, rust (verstoringgevoelig)
Scharrelaar	5	ruigten, overhoeken, grote insecten, droog en warm
Hop	5	grote holten (bomen, gebouwen), grote insecten
Draaihals	3	kale zandige bodem, holten in bomen (berk), mieren
Groene Specht	2	opgaand bos met open plekken, mieren, dikke loof- en dode naaldbomen
Boomleeuwerik	2	kale, zandige vegetaties, verspreide boomgroei, bosranden, open bos
Boompieper	1	open bos, bosranden, boomgroepen, bomen met open plekken
Gekraagde Roodstaart	2	open bos, bosranden, open holten (vliegdennen, berken)
Klapekster	3	grote insecten, hagedissen, open, zandig bos
Geelgors	2	bosranden, boomgroepen, kruidenrijke pioniervegetaties
Ortolaan	4	bosranden, boomgroepen, kruidenrijke pioniervegetaties

Tapuit-groep

De tapuit-groep zijn broedvogels van recent vastgelegde stuifzandvegetaties en droge heide met zandige plekken en/of zeer lage vegetaties. Konijnenholen in het terrein heeft een positieve invloed voor deze vogelsoorten (Holtland, 2002). De vogelsoorten die binnen deze broedvogelgroep behoren staan aangegeven in de onderstaande tabel (tabel I.III).

TABEL I.III: DE VERSCHILLENDE VOGELS MET DE VEELEISENDHEID EN BIOTOOPEISEN DIE IN DE TAPUIT-GROEP BEHOREN (Holtland, 2002).

Soortnaam	Veeleisendheid	Biotoopeisen
Steenuil	3	kleinschalig landschap, holten
Kuifleeuwerik	4	droge, open schrale vegetaties
Boomleeuwerik	2	kale, zandige vegetaties, verspreide boomgroei, bosranden, open bos
Duinpieper	3	schrale, zandige vegetaties, open gebied
Witte Kwikstaart	1	kale, open vegetaties, open holten (gebouwen, etc),
Tapuit	2	kale, zandige vegetaties, holten, halfholten in bodem

Bossen (3.4 Loofbossen op lemige zandgronden)

Zwartkopgroep

De zwartkopgroep komt voor in struwelen en jong bos. Daarnaast komen de vogels ook voor midden in het bos in tegenstelling van de grasmus-groep. Belangrijk is dat er een boomlaaf aanwezig is (Holtland, 2002). De vogelsoorten die binnen deze groep behoren zijn aangegeven in de onderstaande tabel (tabel I.IV).

TABEL I.IV: DE VERSCHILLENDE VOGELS MET DE VEELEISENDHEID EN BIOTOOPEISEN DIE IN DE ZWARTKOPGROEP BEHOREN (Holtland, 2002).

Soortnaam	Veeleisendheid	Biotoopeisen
Zomertortel	2	hoge struiken
Zanglijster	2	hoge, dichte struiken, huisjesslakken
Zwartkop	1,5	struiken, jong bos
Staartmees	1,5	struiken
Matkop	1,5	vochtige hoge struwelen, loofhoutstruiklaag
Goudvink	2	hoge struiken

Bosrandstruweelvogels

Vogelsoorten die voorkomen in bosranden, jong bos en struwelen (Holtland, 2002). De vogelsoorten die binnen deze groep behoren staan in de onderstaande tabel (tabel I.V).

TABEL I.V: DE VERSCHILLENDE VOGELS MET DE VEELEISENDHEID EN BIOTOOPEISEN DIE IN DE BOSRANDSTRUWEELVOGELS BEHOREN (Holtland, 2002).

Soortnaam	Veeleisendheid	Biotoopeisen
Heggemus	1	struiken, struwelen, jong bos, geen boomlaag (wel bosrand)
Nachtegaal	2	struiken, struwelen, basisch, vochtig, nat
Roodborsttapuit	2	structuurrijke lage vegetaties, ruigten, uitkijkposten (struiken, paaltjes, etc)
Bosrietzanger	2	vochtig, open struweel
Spotvogel	2	hoge struwelen
Orpheusspotvogel	2	hoge struwelen, open bos
Braamsluiper	2	struwelen
Grasmus	2	struwelen
Tuinfluiter	1	struwelen, bosrand met struiken
Fitis	1	struiken, struwelen, jong bos
Grauwe Klauwier	3	grote insecten, hagedissen, struweel
Kneu	2	struwelen, kruidenrijke vegetaties
Nachtzwaluw	3	open bos, bosranden met kale bodem, nachtvlinders, rust (verstoringgevoelig)
Scharrelaar	5	ruigten, overhoeken, grote insecten, droog en warm
Hop	5	grote holten (bomen, gebouwen), grote insecten
Draaihals	3	kale zandige bodem, holten in bomen (berk), mieren
Groene Specht	2	opgaand bos met open plekken, mieren, dikke loof- en dode naaldbomen
Boomleeuwerik	2	kale, zandige vegetaties, verspreide boomgroei, bosranden, open bos
Boompieper	1	open bos, bosranden, boomgroepen, bomen met open plekken
Gekraagde Roodstaart	2	open bos, bosranden, open holten (vliegdennen, berken)
Klapekster	3	grote insecten, hagedissen, open, zandig bos
Geelgors	2	bosranden, boomgroepen, kruidenrijke pioniervegetaties
Ortolaan	4	bosranden, boomgroepen, kruidenrijke pioniervegetaties
Kramsvogel	2	bosranden, boomgroepen (loofbos), grazige vegetaties (grasland), (loofbos)
Roodkopklauwier	5	grote insecten (kevers), hoogstamboomgaarden, open bos, struwelen

Ekster	1	bomen (of struiken), cultuurgrond, menselijke invloeden
Zwarte Kraai	1	bomen, cultuurgrond
Europese Kanarie	2	halfopen, rijk gestructureerd landschap
Groenling	2	halfopen, rijk gestructureerd landschap, bomen, boomgroepen, struiken, struwelen
Putter	2	halfopen, rijk gestructureerd landschap, bomen, boomgroepen, struiken, struwelen
Barmsijs	2	open bos, bosranden, boomgroepen

Appelvink-groep

Deze broedvogels komen voor in bossen met opgaande loofbomen hoger dan 10 m. De vogelsoorten broeden in de kruinen, struiklaag en op de grond. De appelvink-groep is het best vertegenwoordigd in vochtige en voedselrijke loofbossen (Holtland, 2002). De soorten die behoren in deze groep staan in de onderstaande tabel (tabel I.VI).

TABEL I.VI: DE VERSCHILLENDE VOGELS MET DE VEELEISENDHEID EN BIOTOOPEISEN DIE IN DE APPELVINK-GROEP BEHOREN (Holtland, 2002).

Soortnaam	Veeleisendheid	Biotoopeisen
Houtsnip	2	(loof)bos, humeuze, vochtige bodem, rust
Grote Lijster	2	bosranden, bosjes (loofbomen), grazige vegetaties (grasland)
Bergfluiter	2	open bos met ijle struiklaag
Fluiter	2	loofbomen met ijle struiklaag
Tjiftjaf	1	(open) bos met loofbomen, struwelen met overstaanders, loofhoutstruiklaag
Wielewaal	2	vochtig hoog loofbos
Appelvink	2	loofbomen

Holenbroeders

Deze broedvogels zijn indicatief voor de aanwezigheid van oude en/of dode bomen (Holtland, 2002). De vogelsoorten die binnen deze groep behoren zijn weergeven in de onderstaande tabel (tabel I.VII).

TABEL I.VII: DE VERSCHILLENDE VOGELS MET DE VEELEISENDHEID EN BIOTOOPEISEN DIE IN DE HOLENBROEDERS BEHOREN (Holtland, 2002).

Soortnaam	Veeleisendheid	Biotoopeisen
Oehoe	4	oud bos
Groene Specht	2	opgaand bos met open plekken, mieren, dikke loof- en dode naaldbomen
Zwarte Specht	2	opgaand bos, dikke loof- en dode naaldbomen
Grote Bonte Specht	2	opgaand bos, dikke en dode bomen
Gekraagde Roodstaart	2	open bos, bosranden, open holten (vliegdennen, berken)
Taigaboomkruiper	2	gemengd bos
Boomkruiper	2	oudere bomen, holten
Spreeuw	1	holten (niet in de grond), grasland
Ringmus	2	holten (zowel bomen als bebouwing), cultuurgrond
Kleine Bonte Specht	3	loofbos, i.h.b. berk en eik, kwijnende en dode bomen
Grauwe Vliegenvanger	2	(oude) loofbomen
Glanskop	2	loofbomen, holten, struiklaag van loofhout
Pimpelmees	1	loofhout
Holeduif	2	grote holten, oude loofbomen, gebouwen, holen, cultuurgrond
Bosuil	2	oude loofbomen, grote holten
Middelste Bonte Specht	5	(zeer) oud loofbos
Kleine Vliegenvanger	3	oude loofbomen
Boomklever	2	dikke loofbomen
Kauw	2	grote holten, cultuurgrond

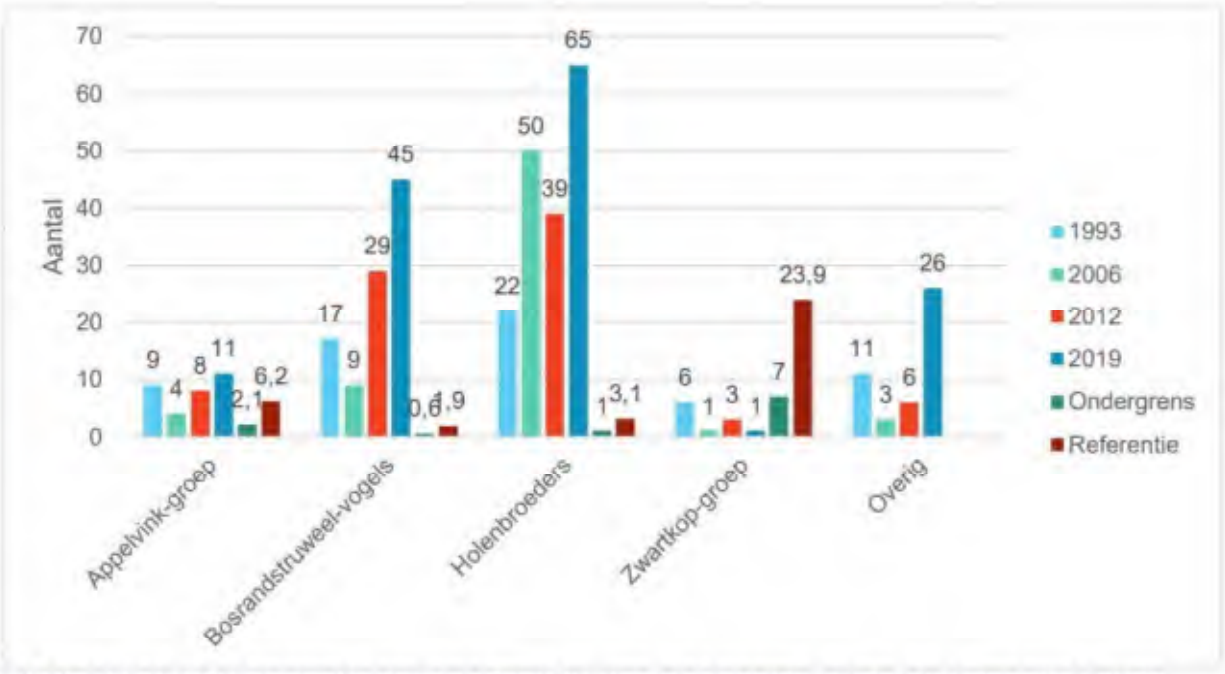
Graslanden

Binnen dit habitat hoort de grasmus-groep deze staat beschreven bij stroomdalgrasland.

II. Resultaat tabel en grafiek broedvogels in het bosgebied

Bos gebied aantallen	1993	2006	2012	2019	Eindtotaal
Appelvink	2	2	4	5	13
Boomklever	6	12	8	21	47
Boomkruiper	8	16	13	22	59
Boompieper	10	2	7	7	26
Boomvalk			1		1
Bosrietzanger	3	2	1		6
Buizerd	2	2	2	3	9
Fluiter	4		3		7
Geelgors	2		2	3	7
Gekraagde Roodstaart			2	4	6
Glanskop	1	4	2	3	10
Goudvink			2	1	3
Grasmus	1		2	4	7
Grauwe Vliegenvanger	1	3	4		8
Groene Specht		1	1	2	4
Grote Bonte Specht	5	11	8	14	38
Grote Lijster	1	1	3	3	8
Havik	2	1	1	1	5
Holenduif				1	1
Kleine Bonte Specht	1	4	3	5	13
Kleine Karekiet	2		1	3	6
Kneu			1		1
Koekoek	2		4	1	7
Kuifmees	1	2			3
Matkop	6	3	2		11
Middelste Bonte Specht			1	8	9
Nachtegaal			1		1
Nijlgans		1		4	5
Putter				1	1
Rietgors	1			1	2
Roodborsttapuit				1	1
Spotvogel	1		2		3
Tuinfluiter			13	25	38
Wielewaal	2	1		2	5
Zomertortel			2		2
Zwarte Kraai		5	3	3	11
Zwarte Mees	1	2			3
Eindtotaal	**65**	**75**	**99**	**148**	**387**

II.I: AANTAL AANWEZIGE BROEDVOGELS IN HET BOSGBIED OVER VERSCHILLENDE JAREN.

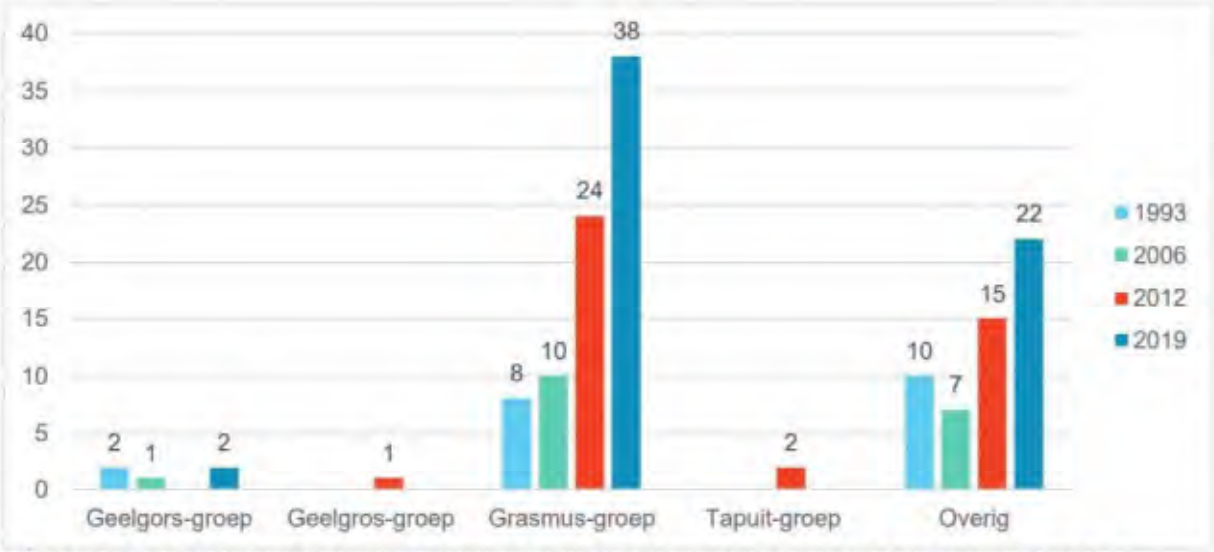


II.I: AANTALLEN VAN BROEDVOGELGROEPEN IN HET BOSGEBIED OVER DE VERSCHILLENDE JAREN MET DE ONDERGRENS EN REFERENTIE.

III. Resultaat tabel en grafiek broedvogels in het kruidrijkgrasland

Kruidrijk grasland aantal	1993	2006	2012	2019	Eindtotaal
Boompieper			1		1
Bosrietzanger	4	8	6	16	34
Canadese Gans			1	1	2
Geelgors	2	1		2	5
Gele Kwikstaart	1	1			2
Grasmus	4	1	10	15	30
Grauwe Gans			1		1
Kievit				2	2
Kleine Karekiet	2		2	4	8
Kneu		1	1	2	4
Knobbelzwaan			1		1
Koekoek				1	1
Krakeend			1	2	3
Kuifeend				2	2
Nijlgans			1		1
Putter				2	2
Rietgors	4	2	2	2	10
Roodborsttapuit			6	2	8
Scholekster	1				1
Sprinkhaanzanger		1			1
Steenuil			2		2
Torenvalk			1	1	2
Tuinfluiter			1	3	4
Veldleeuwerik	2	1	3		6
Waterhoen			2	5	7
Zomertortel		1			1
Zwarte Kraai		1			1
Eindtotaal	**20**	**18**	**42**	**62**	**142**

III.I: AANTAL AANWEZIGE BROEDVOGELS IN HET KRUIDRIJKGRASLAND OVER VERSCHILLENDE JAREN

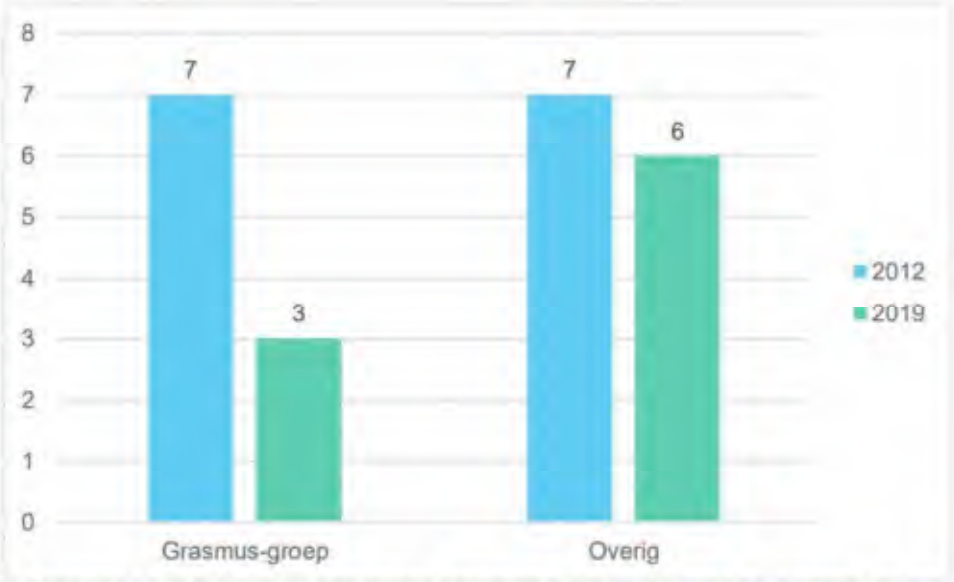


III.I: AANTALLEN VAN BROEDVOGELGROEPEN IN HET KRUIDRIJKGRASLAND OVER JAREN.

IV. Resultaat tabel en grafiek broedvogels in het bosgebied

Grasland aantal	2012	2019	Eindtotaal
Blauwborst	1		1
Bosrietzanger	3		3
Grasmus	2	2	4
Kleine Karekiet	2	3	5
Knobbelzwaan	1		1
Kwartel		1	1
Meerkoet	1	1	2
Putter	1		1
Rietgors	1		1
Scholekster		1	1
Spotvogel		1	1
Tuinfluiter	2		2
Eindtotaal	**14**	**9**	**23**

IV.I: AANTAL AANWEZIGE BROEDVOGELS IN DE GRASLANDEN OVER VERSCHILLENDE JAREN



IV.I: AANTALLEN VAN BROEDVOGELGROEPEN VAN DE GRASLANDEN IN DE JAREN 2012 EN 2019

staatsbosbeheer

ONDERZOEKCENTRUM B ware

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK NATUURPOTENTIES OVERMARSCH

- Eindrapportage -

Opdrachtgever: Staatsbosbeheer • Auteurs: 5.1.2e , 5.1.2e & 5.1.2e •
Projectnummer: PR-22.193 • Rapportnummer: RP-22.193.23.21 • Datum: 12-07-2023

BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK

OVERMARSCH

Eindrapportage

5.1.2e
5.1.2e
5.1.2e

ONDERZOEKCENTRUM B ware

Titel rapport:
Bodem- en hydrochemisch onderzoek Overmarsch, eindrapportage

Auteurs:
5.1.2e, 5.1.2e & 5.1.2e

Rapportnummer: RP-22.193.23.21

Opdrachtgever:
Staatsbosbeheer

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:
5.1.2e
Tel: 5.1.2e
5.1.2e@b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2023

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding 7

1.1 Aanleiding 7

1.2 Onderzoeksvragen bodem- en hydrochemisch onderzoek 8

1.3 Leeswijzer 9

2. Materiaal en methoden 11

2.1 Veldwerkzaamheden bodem- en hydrochemisch onderzoek 11

2.2 Chemische analyse 15

3. Abiotiek beoogde natuurtypen en referentiemetingen 19

3.1 Heischraalgrasland, blauwgrasland en dotterbloemhooiland 19

3.2 Glanshaverhooiland 20

3.3 Kruiden- en faunarijk grasland 21

4. Resultaten bodem- en hydrochemisch onderzoek 25

4.1 Inleiding 25

4.2 Bodemtype 25

4.3 Algemene bodemchemie 26

4.4 Grondwaterstanden 32

4.5 Kansen voor natuurontwikkeling per deelgebied 35

5. Resultaten waterbodemonderzoek oude IJsselstrang 53

5.1 Het onderzoek 53

5.2 Biogeochemische processen in waterbodems 54

5.3 Slibdikte 55

5.4 Resultaten van de metingen 56

5.5 Synthese waterbodemonderzoek 62

6. Synthese 65

7. Literatuur 71

8. Bijlagen 73

8.1 Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem 73

8.2 Bijlage 2 - Natuurontwikkeling op landbouwgronden 74

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

Onderzoekcentrum B-WARE is door Staatsbosbeer gevraagd om een bodem- en hydrochemisch onderzoek uit te voeren om natuurpotenties en geschikte inrichtingsmaatregelen in kaart te brengen voor een aantal voormalige landbouwgronden in Overmarsch, gelegen aan een geïsoleerde strang van de IJssel. Overmarsch ligt ten westen van Zutphen nabij Empe (Figuur 1). Het is binnendijks gelegen en bestaat uit een oude afgesneden meander van de IJssel met aangrenzende voormalige uiterwaardgronden in de binnenbocht van de afgesneden meander. Langs het westelijke deel van de meander ligt het begraasde bos- en graslandgebied Kijfsdijken. Langs het noordelijke deel van de meander ligt het graslandgebied Sprabanen. Het gebied wordt door de rijksweg N345 en de spoorlijn Zutphen-Apeldoorn doorsneden. Met name ten zuidwesten van de meander zijn in het zandgebied veel dekzandruggen en -koppen aanwezig. Vanuit het zuidwesten watert de Tondense Beek af op het strangsysteem. Iets verder naar het noorden watert de Empese Beek af op de strang. De waterafvoer vanuit de strang naar de IJssel vindt in noordelijke richting plaats via de Lage Leiding.

Figuur 1. Overzicht van de gronden die zijn aangewezen voor de inrichting binnen Overmarsch.

Staatsbosbeheer wil meer informatie over de kwaliteit van de bodem (inclusief natuurpotenties) van de voormalige landbouwpercelen (onder andere in Kijfsdijken en Sprabanen), de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater en de dikte en kwaliteit van de sliblaag en minerale waterbodem in de strang. Onderzoekcentrum B-WARE is ingeschakeld voor het uitvoeren van een bodem- en hydrochemisch onderzoek om de kansen en knelpunten in kaart te brengen waarna Staatsbosbeheer aan de slag gaat met het opstellen van een inrichtingsplan. In 2010 is door Bell-Hullenaar reeds een orienterende systeemanalyse uitgevoerd in het gebied.

Het onderzoek is primair gericht op de kwaliteit van de land en waterbodems. Voor het bepalen van de ontgravingsdiepte of mogelijkheden voor een verschralingsbeheer op de voormalige landbouwgronden zijn op 25 locaties de fosfaatgehaltes in de toplaag en in de diepte bepaald en vergeleken met de gewenste fosfaatgehaltes van soortenarme natuurbeheertypen als nat schraalland of vochtig hooiland. In de oude IJsselstrang (deels open water, deels verland broekbos of rietruigte) en de parallel lopende, van zuid naar noord stromende Voorstondense Beek werden op 11 locaties bodemmonsters verzameld van de (water)bodem op verschillende dieptes. Daarnaast werden extra boringen uitgevoerd om de dikte van de sliblaag in kaart te brengen. Op 6 locaties in de oude IJsselstrang en op 3 locaties in de sloten tussen de landbouwpercelen werd tevens een oppervlaktewatermonster verzameld. Daarnaast werd op 8 locaties een monster verzameld van het freatische grondwater uit bestaande peilbuizen of uit een boorgat. Het uitvoeren van een (ecohydrologische) systeemanalyse en het opstellen van een inrichtingsplan maken geen deel uit van het onderzoek. Met behulp van de resultaten van dit onderzoek kan de opdrachtgever gericht keuzes maken bij de gebiedsontwikkeling.

1.2 Onderzoeksvragen bodem- en hydrochemisch onderzoek

Op basis van de onderzoeksresultaten wordt aangegeven op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor soortenrijke natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschralingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. Door middel van het onderzoek worden de volgende vragen beantwoord:

Voormalige landbouwgronden

- Wat is de bodemopbouw en bodemchemie op de monsterlocaties?
- Tot op welke diepte is de bodem verrijkt met fosfor, wat is de geadviseerde ontgrondingsdiepte voor de ontwikkeling van nat schraalland of vochtige hooiland? Het toetsen of een eventuele ontgronding in het ecohydrologische systeem past maakt geen onderdeel uit van de opdracht.
- Wat is de vereiste termijn om met behulp van een uitmijnbeheer of hooilandbeheer de vereiste verschraling te realiseren voor ontwikkeling van vochtige hooilanden;
- Wat zijn de natuurpotenties? Op basis van het bodemtype, de hydrologische omstandigheden (GLG/GHG, afgeleid uit het boorprofiel) en algemene bodemchemie (onder andere tot-Fe, tot-Ca, tot-Al, Ca-NaCl) worden de natuurpotenties bepaald. Onderzoekcentrum B-WARE beschikt over een eigen uitgebreide referentiedatabase (GRIP: Gemeten Referentiewaarden In Plantengemeenschappen) waarmee deze interpretatie ondersteund kan worden;
- Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen?

Oude IJsselstrang

- Wat is de diepte van de waterlaag, bodemopbouw (o.a. dikte slibbodem), bodemchemie en poriewaterkwaliteit op de monsterlocaties?
- Wat is de totaal-P gehalte en Fe/S ratio van de (water)bodem en de P-concentratie en Fe/P concentratie van het poriewater in de waterbodems en wat is op basis van deze concentraties en ratio's het risico op P-nalevering naar de waterlaag het restant van de sliblaag en de minerale waterbodem?

Grond- en oppervlaktewaterkwaliteit

- Wat is de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit in het gebied?
- Biedt deze kansen voor de beoogde ontwikkeling of vormt deze een knelpunt?

Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de verschralingsmogelijkheden en natuurpotenties op basis van de bodemchemische omstandigheden en het bodemtype. De resultaten uit dit onderzoek kunnen sterk bepalend zijn voor de keuzes die bij de gebiedsinrichting gemaakt worden. De keuze van de uiteindelijke inrichtingsmaatregelen is echter niet alleen afhankelijk van de kansrijkdom qua bodemchemie. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. Een ontgronding kan bijvoorbeeld een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de toegepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 3 wordt de abiotiek van de beoogde natuurbeheertypes besproken. De resultaten van het bodem- en hdyrochemisch onderzoek worden in hoofdstuk 4 beschreven inclusief de kansen voor de natuurontwikkeling plus de mogelijke (inrichtings)maatregelen die daarvoor nodig zijn. In hoofdstuk 5 worden de resultaten van het waterbodemonderzoek in de oude IJsselstrang toegelicht waarna in hoofdstuk 6 een algehele synthese van het onderzoek volgt. Hoofdstuk 7 bevat een overzicht van de gebruikte literatuur en hoofdstuk 8 de bijlagen (Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem en Bijlage 2 - Natuurontwikkeling op landbouwgronden).

2. MATERIAAL EN METHODEN

2.1 Veldwerkzaamheden bodem- en hydrochemisch onderzoek

Monstername landbouwgronden

Op 6, 7 en 8 februari werden op 25 locaties op de voormalige landbouwgronden boringen gezet tot op 150 cm-mv (Figuur 3). De locaties werden in overleg met de opdrachtgever vastgesteld op basis van de actuele en historische perceelverdeling, hoogteverschillen in het landschap en variatie in het bodemtype. De boringen werden verricht met een Edelmanboor en de exacte boorlocaties werden ingemeten met een GPS (Tabel 1). Het bodemprofiel werd beschreven conform NEN 5104 door boormeester 5.1.2e van ATKB (zie Bijlage). Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en indien waarneembaar in het profiel ook de GHG en GLG geschat op basis van hydromorfe kenmerken (Tabel 1).

Op de monsterlocaties werd op 4 dieptes bodemmonsters verzameld. De globale strategie:

- Toplaag (0-20 cm-mv);
- Restant bouwvoor;
- 0-10 cm onder de bouwvoor;
- 10-20 cm onder de bouwvoor.

Over het algemeen zijn alleen de bodemlagen tot 10 cm onder de bouwvoor zijn geanalyseerd. De overige bodems zijn opgeslagen in de koelcel van Onderzoekcentrum B-WARE en kunnen in een later stadium eventueel nog geanalyseerd worden als dit op basis van de verkregen data noodzakelijk is. De exacte bemonsteringsdieptes werden afgestemd op de bodemhorizonten. Hierdoor kan het zijn dat er soms van de hierboven genoemde bemonsteringsdieptes is afgeweken. De reden hiervoor is dan herleidbaar uit de beschrijving van de bodemprofielen.

Monstername waterbodems

In de oude IJsselstrang (deels open water, deels verland broekbos of rietruigte) zijn op 11 locaties bodemmonsters verzameld van de (water)bodem op drie verschillende dieptes (Tabel 2). Globaal was dit de toplaag (0-20 cm), het restant van de slib-/veenlaag en de toplaag van de minerale bodem. Daarnaast zijn er een aantal tussenboringen uitgevoerd in de strang waarbij alleen het profiel (slibdikte) is beschreven. Uit de waterbodems is tevens poriewater verzameld.

Monstername grond- en oppervlaktewater

Op 6 locaties in de oude IJsselstrang zijn tevens oppervlaktewatermonsters verzameld. Daarnaast werden op 3 extra locaties monsters verzameld van het oppervlaktewater (beken/greppels) en op 8 locaties van het grondwater (bestaande peilbuizen of uit een boorgat);

Tabel 1. Overzicht van de bodemmonsterdatum, diepte (cm-mv), coördinaten, maaiveldhoogte (m N.A.P.) landgebruik, actuele grondwaterstand (GWS; 6-8 februari 2023), gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) per locatie. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 3.

LOCATIE	DATUM	X	Y	MVH	MVTYPE	GWS	GHG	GLG
1	6-2-2023	207032	463599	5,258	braak	30	10	85
2	6-2-2023	207346	463593	5,916	gras	95	60	140
3	7-2-2023	207145	462311	5,621	weiland	30	20	70
4	7-2-2023	207010	462395	5,625	weiland	30	20	70
5	7-2-2023	206886	462916	5,886	weiland	40	20	90
6	7-2-2023	206823	463055	5,88	weiland	60	30	100
7	8-2-2023	207279	463272	5,606	weiland	55	25	90
8	7-2-2023	206905	462672	5,796	bosgrond	35	20	80
9	7-2-2023	206719	462751	6,45	bosgrond	25	10	80
10	8-2-2023	206840	463221	5,505	weiland	25	10	85
11	8-2-2023	206935	463291	5,475	weiland	50	30	70
12	8-2-2023	207091	463380	5,652	weiland	65	40	100
13	8-2-2023	207265	463400	5,541	weiland	60	40	100
14	8-2-2023	207439	463382	5,565	weiland	75	30	100
15	8-2-2023	207624	463345	5,592	weiland	70	50	100
16	8-2-2023	207666	463460	5,313	weiland	55	30	85
17	8-2-2023	207782	463361	5,631	weiland	75	40	100
18	8-2-2023	207957	463310	5,472	weiland	50	30	100
19	8-2-2023	208092	463230	5,598	weiland	55	30	120
20	8-2-2023	208266	463139	5,401	weiland	55	30	110
21	8-2-2023	208275	463019	5,471	weiland	70	40	110
22	8-2-2023	209088	462899	6,205	weiland	90	80	150
23	8-2-2023	208849	462951	7,123	weiland	140	110	150>
24	8-2-2023	208761	462837	5,206	weiland	35	10	70
25	8-2-2023	208617	463050	5,675	weiland	75	35	120

Tabel 2. Overzicht van de waterbodemmonsterdatum, coördinaten, maaiveldhoogte (m N.A.P.) en landgebruik. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 3. * Op deze locaties zijn monsters in de diepte verzameld.

LOCATIE	DATUM	DIEPTE	X	Y	MVH	MVTYPE	GWS	GHG	GLG
101*	7-2-2023	200	206753	462271	4,975	waterspiegel			
102*	7-2-2023	300	206578	462687	4,7	waterspiegel			
103*	6-2-2023	320	206623	463002	4,704	waterspiegel			
104*	6-2-2023	300	206626	463118	4,694	waterspiegel			
105*	6-2-2023	270	206716	463323	4,704	waterspiegel			
106*	6-2-2023	260	206946	463507	4,691	waterspiegel			
107*	6-2-2023	450	207206	463547	4,671	waterspiegel			
108*	6-2-2023	175	207777	463546	4,684	waterspiegel			
109*	6-2-2023	270	208297	463235	4,684	waterspiegel			
110*	7-2-2023	210	206657	462625	4,676	waterspiegel			
111			206862	462165					
112	7-2-2023	200	206648	462443	4,929	waterspiegel			

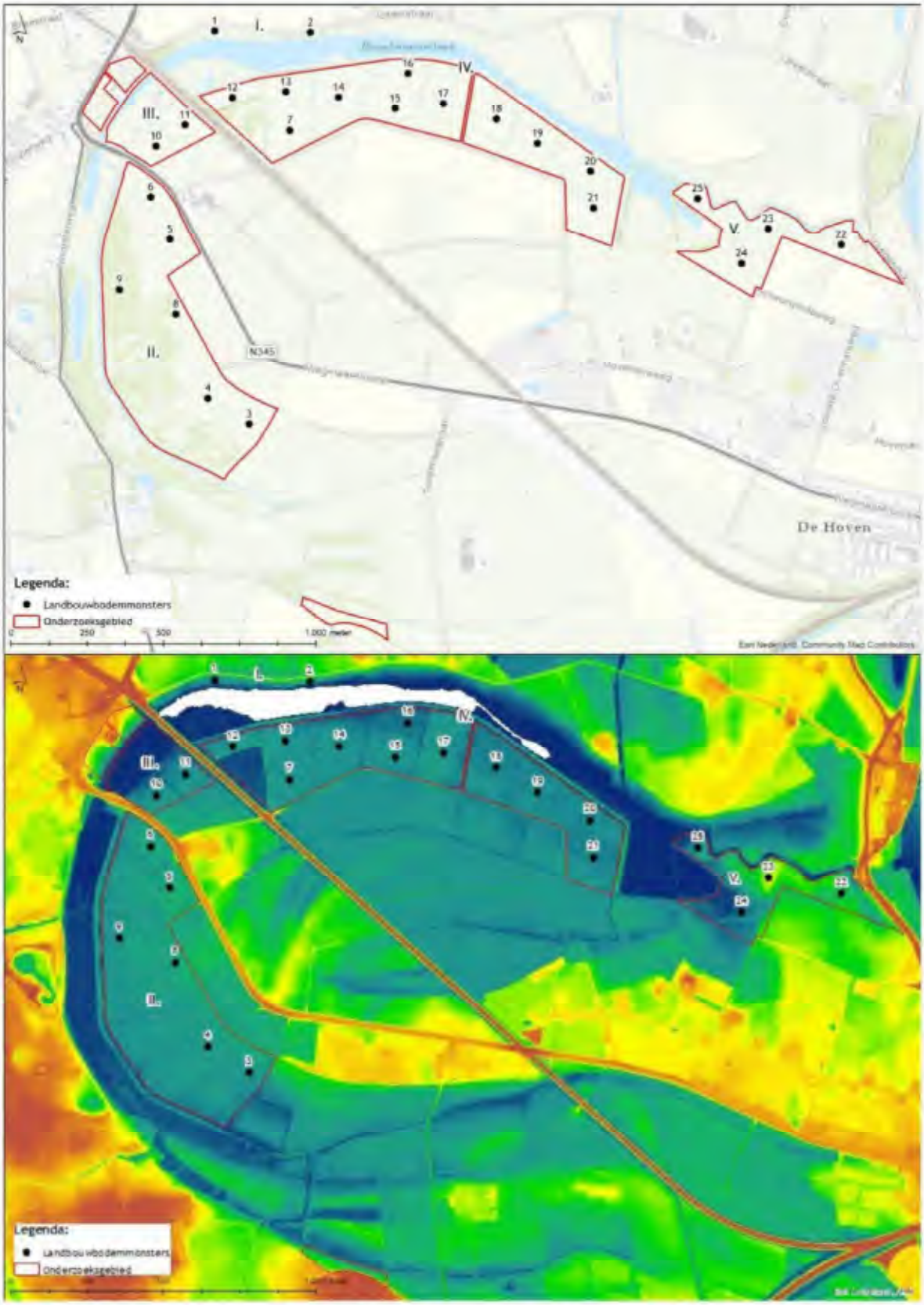
113			206583	462533					
114			206606	462823					
115	6-2-2023	250	206639	463077	4,694	waterspiegel			
116	6-2-2023	290	206807	463407	4,681	waterspiegel			
117	6-2-2023	300	207029	463537	4,668	waterspiegel			
118	6-2-2023	210	207505	463539	4,681	waterspiegel			
119	6-2-2023	170	207978	463451	4,725	waterspiegel			
120	6-2-2023	170	208158	463309	4,68	waterspiegel			
121*	7-2-2023	200	206665	462929	4,725	waterspiegel			
122	7-2-2023	180	206723	462374	4,661	waterspiegel			
123	7-2-2023	200	207073	462116	4,742	waterspiegel			
124	6-2-2023	250	206768	463374	4,679	waterspiegel			
125	7-2-2023	200	207120	462034	5,071	braak	10	0	50
126	7-2-2023	200	207009	462124	5,004	waterspiegel	0	0	
127	6-2-2023	140	208123	463409	4,69	waterspiegel			

Tabel 3. Overzicht van de grond- en oppervlaktewaterdatum, coördinaten en type. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 3.

LOCATIE	DATUM	X	Y	TYPE
102	7-2-2023	206578	462687	Oppervlaktewater
103	7-2-2023	206623	463002	Oppervlaktewater
107	7-2-2023	207206	463547	Oppervlaktewater
109	7-2-2023	208297	463235	Oppervlaktewater
110	7-2-2023	206657	462625	Oppervlaktewater
121	7-2-2023	206665	462929	Oppervlaktewater
OW1	9-2-2023	207860	463342	Oppervlaktewater
OW2	9-2-2023	207611	463508	Oppervlaktewater
OW3	9-2-2023	206660	462658	Oppervlaktewater
PB1	9-2-2023	208080	463240	Grondwater
PB 1.2 (SLOOT)	9-2-2023	207857	463308	Grondwater
PB2	9-2-2023	207742	463334	Grondwater
PB3	9-2-2023	207783	463493	Grondwater
PB4	9-2-2023	207275	463326	Grondwater
PB5	9-2-2023	206756	462670	Grondwater
PB6	9-2-2023	206640	462659	Grondwater
PB7	9-2-2023	206542	462656	Grondwater

De bodemmonsters werden vervoerd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. Voor het in kaart brengen van verschralingsduren, ontgrondingsdieptes, natuurpotenties, aanvullende maatregelen en risico's zijn bewerkingen en analyses uitgevoerd (Olsen-extractie, destructie en zoutextractie).

In paragraaf 2.2 worden de analysemethoden nader toegelicht.



Figuur 2. Overzicht van de ligging van de landbouw- en waterbodemmonsters in het onderzoeksgebied Overmarsch op een topografische kaart en hoogtekaart.

Figuur 3. Overzicht van de ligging van de oppervlakte- en grondwatermonsterlocaties in het onderzoeksgebied Overmarsch op een topografische kaart.

2.2 Chemische analyse

Bodemmonsters

Voor de bodemmonsters zijn de volgende variabelen bepaald:

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid (massavolume);
- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);
- pH-zout en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. ammonium, nitraat en calcium;

Drooggewicht en organisch stofgehalte
Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo af te wegen in aluminiumbakjes. De bakjes werden precies tot aan de rand afgevuld (volume = 40,5 ml), zodat de soortelijke massa van de bodem kan worden bepaald. De bodems werden gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal opnieuw gewogen en werd het vochtverlies berekend. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door via het gloeiverlies bepaald. Hiertoe werd gedroogd bodemmateriaal gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Destructie
Door de bodem en plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega of Ethos Easy) werden geplaatst. De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. Het destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Olsenextractie
Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plantbeschikbaar fosfaat worden bepaald. Hiertoe werd aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Zoutextractie
Met een zoutextractie kunnen de vrij in de bodem zoutuitwisselbare ionen bepaald worden. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2 mol l^{-1} NaCl) gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

Watermonsters

Oppervlaktewatermonsters werden 10 cm onder het wateroppervlak verzameld en luchtdicht afgesloten in HDPE potten.

Voor het bemonsteren van grondwater werd de grondwaterbuis leeggepompt waarna vers toestromend grondwater werd verzameld in luchtdicht afgesloten HDPE potten.

Bodemvocht werd anaeroob uit de waterbodems verzameld met ceramische cups of rhizon bodemvochtbemonsteraars (Eijkelkamp Agrisearch Equipment) waaraan een vacuüm getrokken 60 ml injectiespuit werd verbonden.

Standaardmetingen oppervlakte-, grondwater en bodemvocht

De pH werd gemeten met een standaard Ag/AgCl2 elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (TIC: CO_2 en HCO_3) werd bepaald met behulp van infrarood gas analyse (ABB Advance Optima IRGA). De alkaliniteit werd bepaald door een deel van het monster te titreren met 0,01 mol l^{-1} zoutzuur tot pH 4,2. De toegevoegde hoeveelheid equivalenten zuur per liter is hierbij de alkaliniteit. De EGV werd bepaald met een HACH EGV-probe verbonden met een HQD-meter. De turbiditeit van de

oppervlaktewatermonsters werd bepaald met een Dentan Turbidimeter (model FN-5). De extinctie (450 nm) van de oppervlaktewatermonsters werd bepaald met een Biotek plaatreader. De monsters voor de auto-analyzer werden bewaard bij een temperatuur van -20 °C tot aan de analyse. De monsters voor de ICP-OES werden aangezuurd voor analyse en bewaard bij 4 °C.

Chemische analyses

Elementenanalyse (ICP en auto-analysers)
De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ARCOS MV of GREEN DUO, Spectro, Kleve, Duitsland). De concentraties nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl^-) werd colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

3. ABIOTIEK BEOOGDE NATUURTYPEN EN REFERENTIEMETINGEN

3.1 Heischraalgrasland, blauwgrasland en dotterbloemhooiland

Voor de ontwikkeling van soortenrijke vochtige tot natte natuurtypen worden de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (de totaal-P concentratie kan sterk variëren afhankelijk van de ijzer- en calciumconcentraties en/of de kleiigheid van de bodem):

- Heischraalgrasland/kleine zeggenvegetatie: 100-400 µmol/l bodem (Ca-z 4.000-10.000 µmol/l);
- Blauwgrasland: 200-500 µmol/l bodem (Ca-z 10.000-30.000 µmol/l);
- Vochtig hooiland: 300-800/900 µmol/l bodem; (Ca-z 10.000-50.000 µmol/l); veelal (zeer) ijzerrijk.

Om de ontwikkeling van nat schraalland (N10.01) en vochtig hooiland (N10.02) mogelijk te maken dient de bodem voldoende gebufferd te zijn. Soortenrijke vochtige heischrale graslanden (N10.01) komen over het algemeen voor bij Ca-z concentraties van 4.000-10.000 µmol/l en Olsen-P concentraties van 150-400 µmol/l. Onder zeer natte condities kan een kleine zeggenvegetatie tot ontwikkeling komen. Bij concentraties van circa 10.000-25.000 µmol/l (Ca-t veelal >20 mmol/l) en Olsen-P concentraties van 200-500 µmol/l kan een blauwgrasland worden ontwikkeld onder de juiste hydrologische omstandigheden (GRIP database B-WARE). Op gebufferde, ijzerrijke bodems kan onder vochtige tot natte omstandigheden een dotterbloemhooiland (of Elzenbroekbos) tot ontwikkeling komen (onder droge omstandigheden een kamgrasweide/glanshaverhooiland; onder zeer natte omstandigheden trilveen).

Figuur 4. Vochtig hooiland komt tot ontwikkeling onder voedselarme tot matig voedselrijke omstandigheden (foto's: 5.1.2e).

Voor de ontwikkeling van blauwgrasland en vochtig hooiland is niet alleen de buffering van belang maar ook de grondwaterstanden. Alleen als er voldoende grondwaterinvloed in maaiveld is zijn deze vegetaties mogelijk. Voor vochtig heischraal grasland kan aanrijking van de wortelzone met grondwater via capillaire opstijging ook al voldoende zijn. De periode waarin grondwater in de wortelzone uittreedt bepaalt in combinatie met de mate van buffering met het grondwater en de zuurproductie als gevolg droogval van de toplaag in de zomerperiode en verzurende (stikstof)depositie of bodems voldoende gebufferd blijven of (langzaam) verzuren.

Zie kader 1 voor meer informatie over de ontwikkeling en het hydrologisch beheer van Elzenbroekbossen.

60228 0017

Wanneer na een eventuele ontgronding aanvullend verschralingsbeheer vereist is duidt dit erop dat de bodem na ontgronding nog niet voldoende P-arm is voor de beoogde ontwikkeling. Een aanvullend verschralingsbeheer biedt hier wel mogelijkheden om de gewenste P-concentraties binnen redelijke termijn te realiseren. Dit brengt echter ook risico's met zich mee. Onder licht/matig voedselrijke, vochtige tot natte omstandigheden kan de eerste jaren (wanneer aanvullende verschraling vereist is of wanneer voedselrijke toplagen worden vernat) verruiging met bijvoorbeeld pitrus optreden die een belemmering kan vormen voor de beoogde ontwikkeling (Figuur 5). Overigens is de pitrus op beperkt verrijkte bodems veelal ijler in vergelijking met voedselrijke bodems.

Figuur 5. Pitrusontwikkeling op percelen die na inrichting nog beperkt tot matig verrijkt zijn met fosfaat. Aanvullend verschralingsbeheer biedt hier wel perspectief. Door voldoende P-gelimiteerde omstandigheden te creëren en maaisel uit een referentiegebied op te brengen kan dit worden voorkomen. Foto's: 5.1.2e en 5.1.2e

3.2 Glanshaverhooiland

Soortenrijke glanshaverhooilanden (N12.03) komen voor op tamelijk voedselarme tot matig voedselrijke, basische, goed ontwaterde bodems. Een glanshaverhooiland kan over het algemeen tot ontwikkeling komen bij Olsen-P concentraties <500 (optimaal) tot 800/900 µmol/l. De meest soortenrijke glanshaverhooilanden komen voor op zandige/zavelige locaties. Inundaties kunnen bijdragen aan de aanrijking met basen, echter langdurige inundaties (in het vegetatieseizoen) dienen te worden voorkomen. Afname van winterinundatie in frequentie en duur leidt tot afname van het areaal (opschuiven op de gradiënt naar lagere standplaatsen) en ontwikkeling naar drogere graslandtypen. Veel kenmerkende soorten zijn namelijk gevoelig voor natte omstandigheden in het groeiseizoen, zowel overstroming als waterverzadiging in de bodem. Locaties met een vette kleibodem (tot-Al >1000 mmol/l) zijn veelal soortenarmer. Er zijn ook mooie glanshaverhooilanden waargenomen bij hogere totaal-Al concentraties, dit zijn waarschijnlijk locaties waar de afwatering goed is en (regen)water relatief kort op maaiveld blijft staan. Naarmate het kleigehalte van de bodem hoger wordt kan vocht in natte perioden minder snel wegzakken en wordt de bodem makkelijk zuurstofloos. Hetzelfde gebeurt als gronden lager in de uiterwaard liggen en dus langer overstromen of waar water minder goed kan worden afgevoerd. Soorten van glanshaverhooilanden worden dan vervangen door vochtminnende soorten als Grote vossenstaart, Rietzwenkgras, Pinksterbloem, Echte koekoeksbloem, Smeerwortel en Veldlathyrus. De rijkdom aan kenmerkende rivierbegeleiders is in deze Vossenstaartgraslanden doorgaans minder dan in Glanshaverhooilanden.

Bureau Natuurbalans (contactpersoon: Peter Verbeek) heeft de laatste jaren goede resultaten ondervonden met de ontwikkeling van kruiden- en faunarijkgrasland en glanshaverhooiland door middel van chopperen en gericht inzaaien op P-rijkere gronden (zie paragraaf 3.3).

Figuur 6. Glanshaverhooiland in de Amerongse Bovenpolder. Foto: 5.1.2e

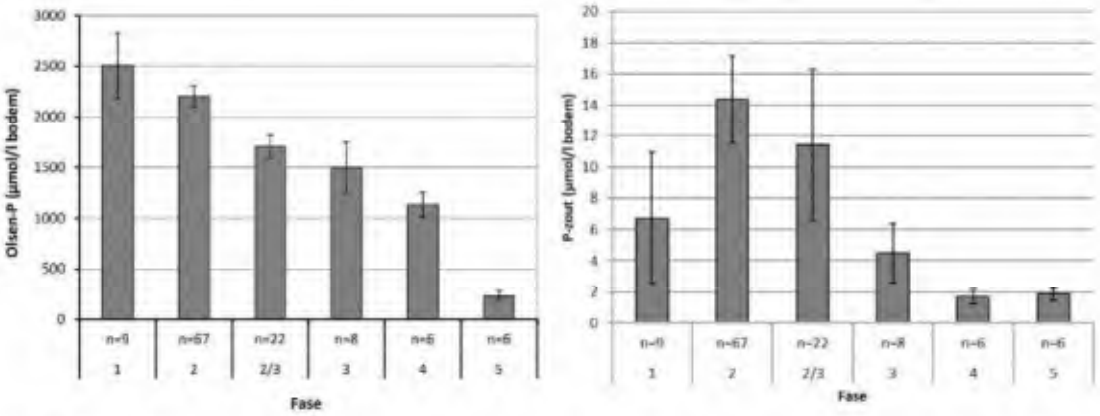
3.3 Kruiden- en faunarijk grasland

Uit onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (<900-1200/1500 µmol/l; Figuur 7). Dit is slechts een indicatieve streefwaarde: 'kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet.

De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de meest labiele P-fractie voldoende laag is (P-z < 1-2 µmol/l) en ook de nitraatconcentratie laag is (<50-100 µmol/l).

Om op voedselrijkere, droge gronden de dominantie van witbol te doorbreken, wordt geadviseerd witbol vroeg af te maaien, bijvoorbeeld in mei. Deze grassen bloeien namelijk voordat de zomerkruiden gaan bloeien. Op deze manier wordt gestreepte witbol actief teruggedrongen ten gunste van later bloeiende kruidachtigen. Goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden worden vaak laat in de zomer (augustus/september) gemaaid. Onder vochtige tot natte voedselrijke condities is het risico op pitrusontwikkeling groot.

60228 0017



Figuur 7. Olsen-P (links) en P-z (rechts) concentratie in µmol/l bodem van graslandpercelen in Overijssel ingedeeld per graslandfase naar Schippers e.a. (2012). Verklaring graslandfasen (van voedselrijk naar schraal): fase 1 = raaigraslanden, fase 2 = witbolgraslanden, fase 3 = gras-kruidenmix, fase 4 = kruidenrijk grasland en fase 5 = heischraal grasland. Bron: Scherpenisse e.a. (2017).

Figuur 8. Foto's van een goed ontwikkeld droog (links; Winterswijk) en vochtig (rechts; Doetinchem) kruiden- en faunarijk grasland. Foto's: 5.1.2e

60228 0017

KADER 1. HERSTEL VAN VERDROOGDE BROEKBOSSEN

Elzenbroekbossen met een soortenrijke ondergroei komen voor bij Olsen-P concentraties 100-800 µmol/l. Het herstel van verdroogde broekbossen tracht men vaak op te lossen door het oppervlaktewater op te stuwen. Maar door het permanent hoge water, treden geen periodieke waterstandschommelingen meer op (met periodieke droogval in de zomer) en vindt geen doorstroming van grondwater plaats. De stijghoogte van het grondwater komt niet meer boven het oppervlaktewaterpeil uit met stagnatie en de beperking van de grondwaterinvloed als gevolg. Dit leidt tot de reductie van sulfaat tot toxisch sulfide, ammoniumophoping, P-mobilisatie en massale ontwikkeling van soorten kenmerkend voor zeer voedselrijke condities waaronder Klein kroos, Liesgras en Mannagras.

Figuur 9. De broekloop in het Kaldenbroek. a: 1977, onder verdroogde condities (foto: 5.1.2e); b: 1998, uitgangssituatie direct na het permanent opstuwen van het oppervlaktewater (foto: 5.1.2e); c: 1999, eutrofiërinsgverschijnselen als gevolg van de permanente opstuwing (foto: 5.1.2e) d: 2005, twee jaar na het instellen van het natuur waterregime (foto: 5.1.2e). Bron: Lucassen & Roelofs, 2005.

Herstelmaatregelen bestaan dan ook niet uit permanente opstuwing van grondwater of aanvoer van oppervlaktewater, maar uit het herstellen van een natuurlijk waterregime. Dit kan bereikt worden door bijvoorbeeld een regelbare stuw te plaatsen, waarbij het grondwater tot beneden de potentiële stijghoogte van grondwater wordt opgestuwd. Zo blijft een positieve grondwaterdruk gehandhaafd en zal doorstroming met grondwater blijven plaatsvinden terwijl de toplaag in de zomer droog kan vallen.

Door de aanvoer van basenrijk (vooral calcium en magnesium) en ijzerrijk grondwater wordt de nutriëntenbeschikbaarheid beperkt (afvoer ammonium). Daarnaast legt ijzer in de vorm van ijzer(hydr)oxiden in de aerobe toplaag fosfaat vast. Gereduceerd ijzer legt sulfide vast, waardoor interactie van sulfide met ijzer uit de ijzer-fosfaatcomplexen beperkt blijft. De gevormde ijzer-sulfiden worden tijdens droogval weer geoxideerd, en het gevormde sulfaat wordt uit het systeem afgevoerd in natte tijden. Daarnaast ontstaan weer ijzer(hydr)oxiden die fosfaat kunnen binden. Droogval zorgt ook voor oxidatie van ammonium, waarbij nitraat wordt gevormd. Dit spoelt uit en kan worden gedenitrificeerd in het diepergelegen anaerobe gedeelte van de bodem. Hierbij ontstaat stikstofgas, dat verdwijnt naar de lucht. Dit zal leiden tot een voedselarme situatie waardoor de ontwikkeling van een karakteristieke ondergroei (Dotterbloem, Gele lis, Elzenzegge, Holpijp, etc.) wordt gestimuleerd.

60228 0017

4. RESULTATEN BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodem- en hydrochemisch onderzoek besproken. In paragraaf 4.2 wordt het bodemtype en de bodemopbouw gepresenteerd, in paragraaf 4.3 komt de algemene bodemchemie aan bod en in paragraaf 4.4 worden de grondwaterstanden en waterkwaliteit besproken. In paragraaf 4.5 worden de kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur per deelgebied besproken en welke maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. Ten slotte worden enkele algemene aandachtpunten bij natuurontwikkeling gegeven.

4.2 Bodemtype

De bodem in het onderzoeksgebied bestaat voornamelijk uit siltige, humeuze klei (met een organisch stofpercentage tot 13%), afgezet op een kalkrijke zandbodem (zie profielen in de bijlage en Figuur 15). De meer zandige bodems (lagere tot-Al concentratie) zijn over het algemeen rijker aan calcium (Figuur 10, rechtsonder).

De dikte van de bouwvoor varieert van circa 20-40 cm, maar is overwegend 30 cm. Onder de bouwvoor is veelal een BC horizont gevonden. Op een locatie is een verstoorde AB horizont aangetroffen (locatie 4). De C horizont wordt lokaal aangetroffen op 30-55 cm-mv, op de meeste locaties ligt de C horizont nog dieper.

Bij de adviezen per locatie zal worden beschreven tot op welke diepte de bodem verrijkt is met fosfaat. Zie Figuur 9 voor een impressie van de boorprofielen en Bijlage 8.1 voor gedetailleerde boorprofielen.

Figuur 10. Foto's van de boorprofielen (tot 150 cm-mv) in het onderzoeksgebied. De bodems zijn uitgelegd per 10 cm tot 40 cm-mv (kolom van boven naar beneden). Foto's: 5.1.2e

4.3 Algemene bodemchemie

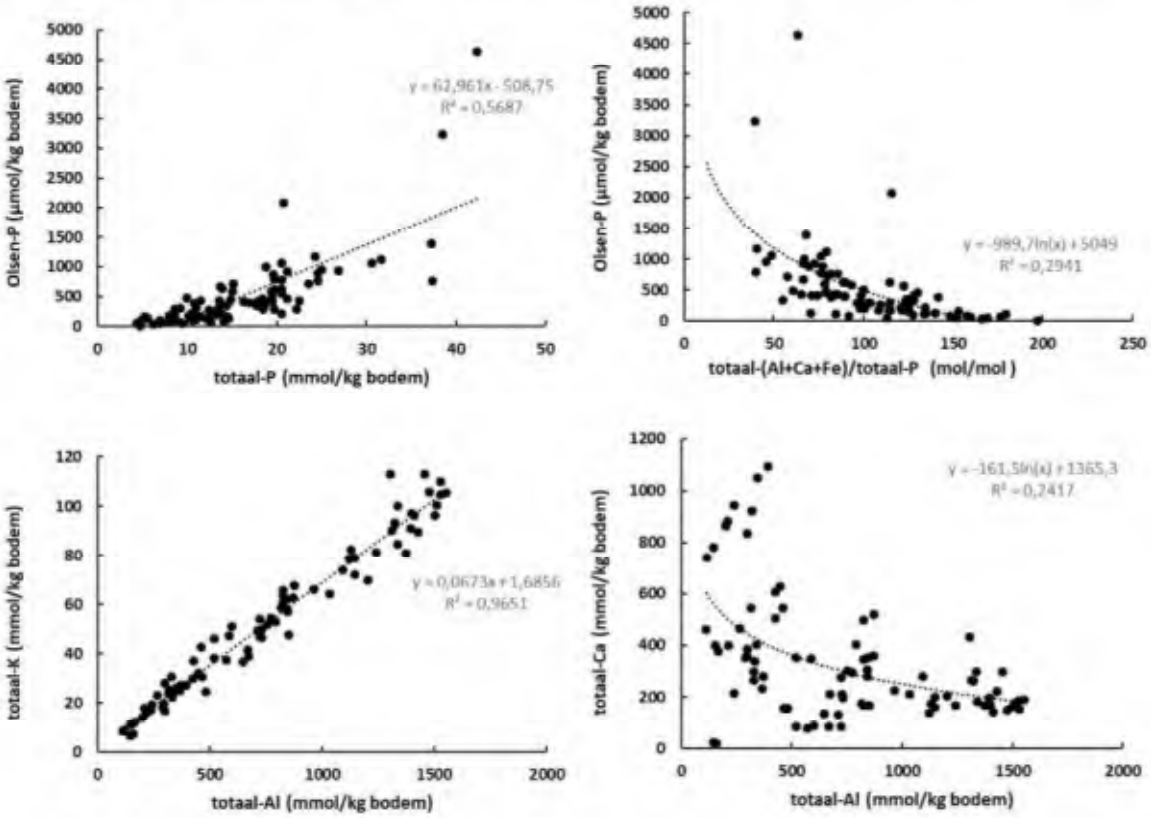
Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid voldoende laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P concentratie een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen worden de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (de totaal-P concentratie kan sterk variëren afhankelijk van de ijzer- en calciumconcentraties en/of de kleiigheid van de bodem):

- Heischraalgrasland: 100-400 µmol/l bodem (Ca-z 4.000-10.000 µmol/l);
- Blauwgrasland: 200-500 µmol/l bodem (Ca-z 10.000-30.000 µmol/l);
- Vochtig hooiland/dotterbloemhooiland: 300-800/900 µmol/l bodem; (Ca-z 10.000-50.000 µmol/l), veelal (zeer) ijzerrijk;
- Kruiden- en faunarijk grasland: 900-1200/1500 µmol/l bodem of >1200/1500 µmol/l bodem (mits P-z < 2 µmol/l en/of nitraat <50-100 µmol/l; veelal onder droge condities).

De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem weer waarvan een (groot) deel op termijn weer beschikbaar kan komen voor planten (zeker bij een verandering van de redoxtoestand van de bodem door het nemen van vernattingsmaatregelen). Vanwege het feit dat planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties (gehalten) in deze rapportage uitgedrukt per liter verse bodem.

Bodemcorrelaties

Een lage fosfaatbeschikbaarheid biedt (zoals beschreven in Bijlage 8.2 Natuurontwikkeling op landbouwgronden), goede kansen voor de ontwikkeling van voedselarme natuur. In Figuur 10 worden correlaties tussen een aantal relevante bodemchemische variabelen weergegeven. In Figuur 12-Figuur 15 wordt de ruimtelijke variatie van de Olsen-P, aluminium- en calciumconcentratie in de bodem in het onderzoeksgebied weergegeven. De concentratie Olsen-P (plantbeschikbaar fosfaat) neemt toe bij een toename van de totale P-voorraad in de bodem, maar de variatie is groot (Figuur 10, linksboven).



Figuur 11. Correlaties tussen enkele bodemchemische variabelen in het onderzoeksgebied.

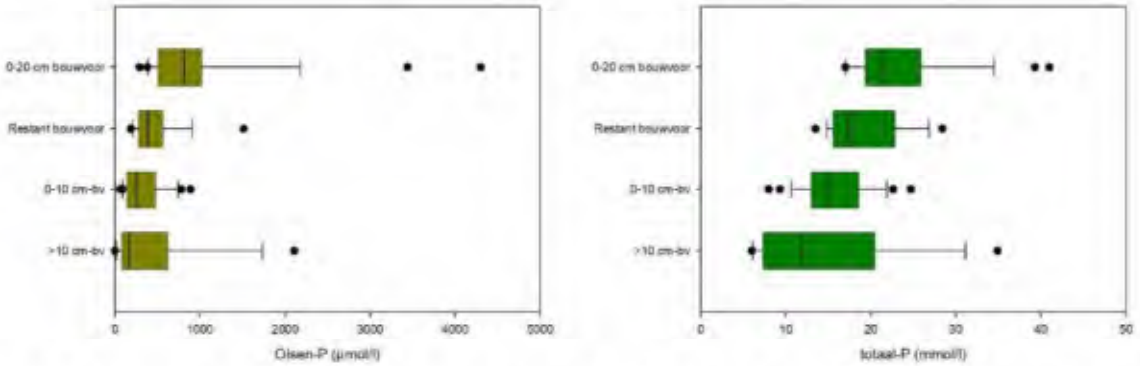
De concentratie Olsen-P is dus niet alleen afhankelijk van de totaal-P concentratie. Fosfor kan namelijk zeer effectief worden geïmmobiliseerd door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $Fe_3(PO_4)_2$ (onder anaerobe condities) en $FePO_4$ onder aerobe condities. Ook calcium kan P-immobiliserend werken waarbij de vorming van relatief slecht oplosbare calciumfosfaat complexen belangrijk zijn. Dit calcium gebonden-P komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook klei-/leemdeeltjes (de totaal-aluminium concentratie is indicatief voor het lutumpercentage: keileembodems zijn rijker aan tot-Al) zijn een sterke P-binder. Op plaatsen waar de bodem rijker is aan ijzer, calcium en/of aluminium (Figuur 10, rechtsboven) ten opzichte van totaal-P, is de P-beschikbaarheid voor planten lager.

Boxplots

Om een beeld te krijgen van de bodemchemische trends in de diepte zijn boxplots opgesteld voor de Olsen-P en totaal-P concentraties (Figuur 11). Hierbij is een onderscheid gemaakt in de toplaag van 0-20 cm-mv, restant bouwvoor en de twee bodemlagen daaronder (0-10 cm-bv en 10-20 cm-bv).

Op deze manier wordt duidelijk of er een gradiënt qua voedselrijkdom aanwezig is in de bouwvoor, of de bodem onder de bouwvoor al voldoende voedselarm is en of er sprake is van P-uitspoeling onder de bouwvoor en hoe deze concentraties zich verhouden tot de streefconcentraties. Bij het advies zal hier specifieker op worden ingegaan per deelgebied.

De bouwvoor van de bodems is (matig) verrijkt met fosfaat (plantbeschikbaar fosfaat: ca. 600-1100 µmol/l Olsen-P en 19-26 mmol/l totaal-P (Figuur 11). De bodem direct onder de bouwvoor (0-10 cm-bv) is relatief fosfaatarm waardoor op de meeste locaties de Olsen-P concentratie onder de optimale streefconcentratie (<400-500 µmol/l Olsen-P) voor P-gelimiteerde, schrale vegetatie wordt gemeten.



Figuur 12. Boxplots van de Olsen-P en totaal-P van locaties in het onderzoeksgebied. In de boxplots is onderscheid gemaakt tussen de toplaag van de landbouwgronden 0-20 cm-mv (n=25), restant bouwvoor (n=19), 0-10 bv-mv (n=25) en 10-20 bv-cm (n=12). De Whiskers (verticale lijnen) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De stippen geven de uitschieters weer.

In Figuur 12-Figuur 15 wordt de ruimtelijke variatie in de Olsen-P, totaal-Al en totaal-Ca gegeven en de verschralingsduur van de toplaag tot een Olsen-P concentratie van 800 µmol/l.

Ruimtelijke variatie Olsen-P concentratie

De toplaag van de bodems is op de meeste locaties beperkt verrijkt met fosfaat (Figuur 12). Op de meeste locaties in het gebied Sprabanen is de toplaag geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland met een Olsen-P concentratie tot 800 µmol/l. Op locaties in het gebied Kijfsdijken en in de oostelijke percelen is de toplaag op de meeste locaties wat rijker (locaties 4-6, 9, 22 en 23). Onder de toplaag zijn de P-concentraties op de meeste locaties lager (<600 µmol/l Olsen-P) en geschikt voor nat schraalland / vochtig hooiland onder de juiste hydrologische omstandigheden. Hier komen we later op terug per deelgebied.

Figuur 13. Overzicht van de Olsen-P concentraties in de toplaag (0-20 cm-mv) en bodemlaag onder de toplaag (20-30/40 cm-mv) op de locaties in het onderzoeksgebied Overmarsch op een topografische kaart.

Ruimtelijke variatie verschralingsduur

In Figuur 13 wordt een overzicht gegeven van de ruimtelijke variatie in de verschralingduur tot een Olsen-P concentratie van 400 en 800 µmol/l door middel van een beheer van 1-2x per jaar maaien en afvoeren (P-afvoer 10 kg/ha/jaar). Een intensief uitmijnbeheer waarbij 4-5x wordt gemaaid en afgevoerd verloopt sneller (P-afvoer 40 kg/ha/jaar). Hiervoor is echter een productieve graszode (in combinatie met K-/N-bemesting) of een grasklavermengsel (in combinatie met K-bemesting) nodig. Het betreft een voortzetting van het landbouwkundig gebruik zonder P-bemesting. Voor een praktisch uitmijnadvies (bijvoorbeeld van het Louis Bolk Instituut) zijn aanvullende, meer op de landbouw gerichte, analyses vereist. Na het realiseren van de vereiste verschraling is een omvormingsbeheer nodig om doelsoorten een kans te geven tot ontwikkeling te komen (chopperen/plaggen in combinatie met herintroductie). De verschralingsduur is over het algemeen circa 20-50 jaar. Uit de data blijkt echter dat op het overgrote deel van de locaties de toplaag matig verrijkt is met fosfaat en/of een (zeer) beperkte ontgrondingsdiepte volstaat om meteen voedselarme condities te realiseren voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde, soortenrijke natuur. Op plekken waar dit niet mogelijk is heeft een standaard beheer van maaien en afvoeren ten behoeve van de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland de voorkeur.

Nr	MB	Nr	MB
1	20	14	0
2	0	15	0
3	46	16	13
4	152	17	0
5	64	18	0
6	31	19	15
7	0	20	33
8	0	21	30
9	57	22	86
10	0	23	36
11	3	24	162
12	0	25	0
13	0		

Nr	M4	Nr	M4
1	30	14	29
2	2	15	40
3	46	16	61
4	156	17	0
5	71	18	9
6	49	19	45
7	0	20	89
8	36	21	76
9	98	22	123
10	27	23	69
11	54	24	180
12	13	25	20
13	34		

Figuur 14. Overzicht van de ruimtelijke variatie in de verschralingsduur tot een Olsen-P concentratie van 800 (boven) en 400 (onder) µmol/l in het onderzoeksgebied Overmarsch op een topografische kaart.

Ruimtelijke variatie totaal-Al concentratie

Naast de fosfaatconcentraties zijn ook andere bodemchemische parameters belangrijk. Vochtig hooiland komt onder ander voor op natte veen- en kleibodems. Vrijwel al het kalium in de bodem is ingebouwd in lutumdeeltjes waardoor dit een goede maat is voor de kleiigheid van de bodem. In lutumdeeltjes komt aluminium en kalium in een vaste verhouding voor waardoor deze sterke correlatie kan worden verklaard. In het gebied is een sterke correlatie aanwezig tussen de totaal-aluminiumconcentratie en de totaal-kaliumconcentratie (zie Figuur 10, linksonder). De totaal-aluminiumconcentratie is dus in dit gebied een goede indicatie van de kleiigheid van de bodem: hoe hoger de Al-tot concentratie hoe kleiiger de bodem. Bodems met een lage Al-tot concentraties zijn zandiger.

In Figuur 14 wordt de aluminium-totaal concentratie per locatie ruimtelijk weergegeven op een topografische kaart. Hieruit blijkt dat de meeste locaties in de gebieden Sprabanen en Kijfsdijken de bodem aluminiumhoudend en daarmee (sterk) kleiig is (Figuur 14). De locaties 22 en 23 zijn gelegen op een hogere kop een zijn zandiger.

Figuur 15. Overzicht van de totaal-Al concentraties in de toplaag (0-20 cm-mv) en de bodemlaag onder de toplaag (20-30/40 cm-mv) op de locaties in het onderzoeksgebied Overmarsch op een topografische kaart.

Ruimtelijke variatie totaal-Ca concentratie

Er is sprake van calciumhoudende kleibodem die geschikt is voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland of nat schraalland. Met name locaties in het oosten van Sprabanen zijn zeer sterk calciumhoudend. Op locatie 16 is kalkrijk zand (>1000 mmol/l Ca-tot) aangetroffen vanaf 20 cm-mv. Dit kalkrijke zand is echter op meerdere locaties aangetroffen (7, 8, 13, 17 en 21), echter op dieptes vanaf (>)30 cm-mv waardoor deze bodemlagen niet zichtbaar zijn in deze kaart. Op andere locaties meten we concentraties van 400-700 mmol/l in de diepte. Zie de tabellen per deelgebied voor een specificatie.

Figuur 16. Overzicht van de totaal-Ca concentraties in de toplaag (0-20 cm-mv) en de bodemlaag onder de toplaag (20-30/40 cm-mv) op de locaties in het onderzoeksgebied Overmarsch op een topografische kaart. De zandbodem (onder de klei; lokaal aanwezig vanaf (>) 30 cm-mv en daardoor niet op deze kaart) is overwegend kalkrijk tot zeer kalkrijk.

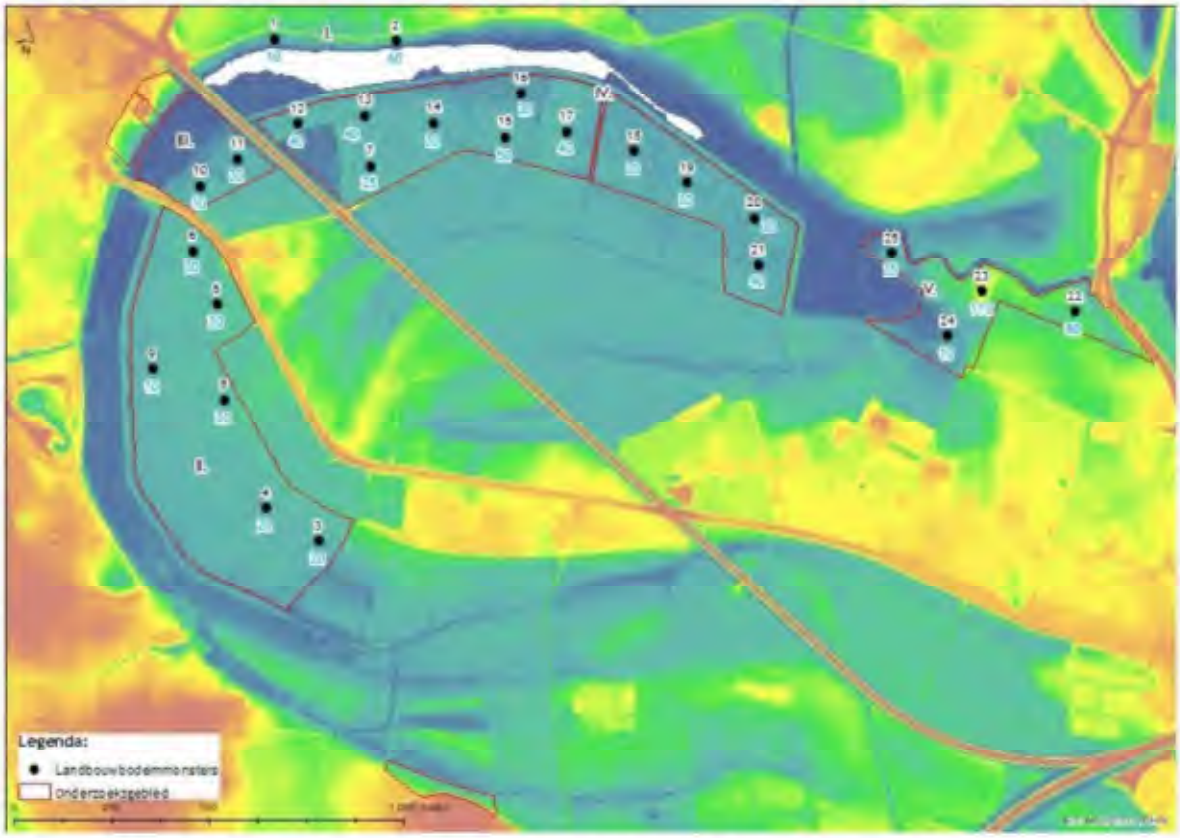
4.4 Grondwaterstanden

Welke natuurbeheertypen zich daadwerkelijk in het gebied kunnen ontwikkelen is onder andere afhankelijk van de voedselrijkdom van de bodem, de mate van buffering van de bodem, het bodemtype en de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater.

De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) in het onderzoeksgebied varieert op de meeste locaties van 10-60 cm-mv, enkel locaties 22 en 23 zijn wat hoger gelegen en hebben een GHG van 80-110 cm-mv. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) varieert van 70-150> cm-mv. Zie Tabel 1 voor een overzicht per locatie.

Door middel van een ontgronding (mits passend in het ecohydrologische systeem) kunnen de grondwaterstanden dichter bij het maaiveld komen te liggen. Het verondiepen of dempen van sloten/watergangen kan ook bijdragen aan hogere grondwaterstanden. In goed ontwikkelde

vochtige hooilanden is in de periode oktober t/m april grondwaterinvloed in het maaiveld (minimaal de wortelzone) vereist waarbij de toplaag in de zomerperiode (beperkt) droogvalt. Het (kwantitatieve) hydrologische aspect maakt echter geen onderdeel uit van het onderzoek. De focus van het onderzoek ligt op het in kaart brengen van de voedselrijkdom van de toplaag, de diepte van het fosfaatfront en de natuurpotenties.



Figuur 17. Overzicht van de uit het bodemprofiel afgeleide hoogste grondwaterstand (GHG) in het onderzoeksgebied op een hoogtekaart.

Waterkwaliteit

Voor het (indicatieve) hydrochemische onderzoek werden eenmalig (indicatieve meting) drie oppervlakwatermonsters en op 8 locaties grondwatermonsters verzameld (zie Figuur 3 en Tabel 2). De resultaten worden weergegeven in Tabel 4. In samenhang met de beoordeling van de slib- en porievochtkwaliteit in de oude IJsselstrang zijn op de locaties 103, 107, 109, 110 en 121 eveneens oppervlaktewatermonsters verzameld. Deze komen in hoofdstuk 5 aan bod.

Tabel 4. Kwaliteit van het grondwater in Overmarsch. De concentraties zijn weergegeven in µmol/l. EGV = Elektrisch Geleidingsvermogen in µS/cm en Fe/P ratio in mol/mol. De monsters zijn op 9 februari 2023 verzameld.

ode	Type	pH	EGV	CO_2	HCO_3^-	Al	Ca	Fe	Mg	P	Fe/P	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Cl^-
pb 1	pb	7,3	700	802	6561	106	3902	118	398	11,4	10,4	134	51,6	4,2	214	14	112
pb 1.2 sloot	pb	6,9	794	1882	6661	186	3964	339	658	18,1	18,7	217	5,1	8,0	619	43	436
pb 2	pb	7,2	979	1280	9383	323	4143	197	499	22,8	8,6	901	4,2	10,2	4288	39	457
pb 3	pb	7,1	1249	7553	42973	28	2746	91	270	6,2	14,8	1548	1,5	67,5	7351	30	555
pb 4	pb	7,9	689	228	7292	0	3029	304	361	52,4	5,8	29	0,6	0,4	604	9	357
pb 5	pb	6,9	738	2129	7801	7	3425	212	285	4,2	50,3	105	0,8	3,0	356	1	363
pb 6	pb	7,4	868	911	8645	32	3555	28	689	4,1	6,7	180	1,6	4,4	1202	24	1280
pb 7	pb	6,8	664	1821	5145	152	3666	224	530	20,6	10,9	224	100,5	7,6	765	48	432

Op alle locaties (Figuur 3) is het grondwater zeer sterk gebufferd (pH 6,8-7,9; 5145-42973 µmol/l HCO_3^-) en daarmee geschikt voor de ontwikkeling van nat schraalland en vochtig hooiland onder de juiste bodemchemische condities. In pb3 is het grondwater extreem rijk aan bicarbonaat (en tevens zeer sulfaatrijk), dit duidt op het gebruik van zwelklei (benthoniet) bij plaatsing van de peilbuis (zie Figuur 17). In deze zone (locatie 16/17) is de zandbodem ondiep al (>20/30 cm-mv) zeer kalkrijk. Dit zien we in mindere mate ook bij pb2. Daarnaast zijn op alle locaties verhoogde fosforconcentraties te zien, met name locaties 1-2, 4 en 7 (4,1-52,4 µmol/l). Het grondwater is op de meeste locaties echter ijzerrijk (28-339 µmol/l) en de Fe/P ratio is op alle locaties veel groter dan 1. Dit is positief: als er meer ijzer dan fosfor in het grondwater zit is de kans op verruiging kleiner. IJzerhoudend grondwater is in natte natuurgebieden belangrijk voor het immobiliseren van fosfaat (bij een wisselend/natuurlijk waterpeil). De nitraat- en ammoniumconcentratie is op de meeste locaties zeer laag (NO_3^-: 0,6-5,1 µmol/l; NH_4^+: 3,0-10,2 µmol/l) tot beperkt verhoogd op locatie 1 en 7 (NO_3^-: 51,6-100,5 µmol/l) en op locatie 3 (NH_4^+: 67,5 µmol/l).

Tabel 5. Kwaliteit van het oppervlaktewater in Overmarsch. De concentraties zijn weergegeven in µmol/l. EGV = Elektrisch Geleidingsvermogen in µS/cm, Alk = alkaliniteit in meq/l. De monsters zijn op 2 februari 2023 verzameld.

bode	Type	pH	Alk	EGV	CO_2	HCO_3^-	Al	Ca	Fe	Mg	P	Fe/P	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{3-}	Na^+	K^+	Cl
ow 1	ow	7,2	8,0	834	1254	8797	0	3810	4	538	1,1	3,5	304	119,9	0,4	0,01	475	7	388
ow 2	ow	7,2	5,9	651	774	5080	0	2697	10	365	1,5	6,9	78	3,4	1,9	0,02	698	68	669
ow 3	ow	7,3	5,0	676	644	5635	0	2783	18	468	1,9	9,4	557	131,2	1,4	0,01	606	66	600

Wanneer we naar de waterkwaliteit van het oppervlaktewater (Figuur 3) kijken, zien we dat het oppervlaktewater gebufferd is (pH 7,2-7,3, alkaliniteit 5,0-8,0 meq/l, 5080-8797 µmol/l HCO_3^-). De nitraat- en sulfaatconcentraties zijn op locaties 1 en 3 verhoogd (NO_3^-: 120-131 µmol/l; SO_4^{2-}: 304-557 µmol/l). De ammonium- (0,4-1,9 µmol/l) en fosfaatconcentraties (0,0,-0,02 µmol/l PO_4^{3-}) zijn laag.

Het betreft een eenmalige (en daarmee indicatieve) meting van de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit. De focus ligt op het bodemchemische aspect.

60228 0017

Figuur 18. Locatie van peilbuis 3. Bij plaatsing van de peilbuis is zwelklei (benthoniet) gebruikt.

4.5 Kansen voor natuurontwikkeling per deelgebied

Doel van het huidige onderzoek is om de kansen voor de ontwikkeling van nat schraalland of vochtig hooiland op een aantal (voormalige) agrarische percelen te bepalen. De kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de Olsen-P en totaal-P concentraties in de bodem (zie Hoofdstuk 8.2). Bij Olsen-P concentraties <400 µmol/l benoemen we nat schraalland als potentie en bij Olsen-P concentraties van 400-800 µmol/l vochtig hooiland. Daarboven kruidenrijk grasland (of glanshaverhooiland op de hogere locaties). Door middel van een verschralingsbeheer kan de voedselrijkdom worden verlaagd.

In deze paragraaf is het onderzoeksgebied opgedeeld in verschillende delen. Per deelgebied worden de belangrijkste bodemchemische variabelen, potenties en geschikte maatregelen kort toegelicht. In Figuur 31 en Figuur 32 zijn de beoogde natuurdoelen en benodigde ontgrondingsdieptes inzichtelijk gemaakt. Het opstellen van een inrichtingsplan maakt geen onderdeel uit van deze opdracht, evenals de toetsing of een eventuele ontgronding past binnen het (ecohydrologische) systeem.

Deelgebied I (locaties 1 en 2)

Figuur 19. Impressie van deelgebied I (boven: locatie 1; onder: locatie 2).

Tabel 6. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied I in Overmarsch. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem, P-O = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l). M4/M8 = berekende verschralingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 400/800 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 15 mmol/l) bij een P-afvoer van 10 kg P/ha/jr. Onder droge condities is P-limitatie niet vereist voor een kruidenrijke ontwikkeling wanneer de nitraatconcentraties laag (<50 µmol/l) zijn. Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<200	<100	<4000	<40			0	voldoende P-arm
6-10	201-400	100-200	4001-10000	41-100	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	401-800	200-400	10001-20000	101-250	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	801-1200	400-700	20001-35000	251-500	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>1200	700-1000	35001-50000	501-800	31-50	401-800	81-160	matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		1000-	>50000	>800	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M4	M8
1	0-20	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	13	40	0,8	952	19,8	395	127	280	20	110	20	0,00	31627	65	4518	6,4	100	3,0	[illegible]	39	30	20
	20-35	Klei, sterk siltig	BC	4	26	1,2	91	15,7	807	167	470	46	216	9											
	35-50	Klei, sterk siltig	BC	4	28	1,2	218	12,5	823	259	354	48	243	10											
	50-60	Zand	C	3	25	1,2	70	8,5	366	438	164	24	131	11											
2	0-20	Klei, matig humeus, bv	AP	5	19	1,2	408	17,1	433	276	231	30	173	10	0,00	30055	109	1629	7,0	100	3,5	[illegible]	48	2	1
	20-30	Klei	BC	3	17	1,2	160	15,1	414	420	231	28	176	7											
	30-40	Klei	BC	2	15	1,4	160	15,1	469	556	253	34	191	5											

Locatie 1 (GHG: 10 cm-mv; GLG: 85 cm-mv)

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is matig-sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 127 mmol/l, Fe-t: 280 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 952 µmol/l, P-t: 19,8 mmol/l). Indien een verschralingsbeheer van circa 20 jaar wordt uitgevoerd, is de bodem geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland (wanneer doelsoorten uitblijven na het realiseren van de verschraling kan een omvormingsbeheer nodig zijn zoals het plaggen/chopperen van de zode in combinatie met herintroductie; dit geldt voor alle locaties waar een verschralingsbeheer mogelijkheden biedt). Indien de toplaag (20 cm) wordt afgegraven is de kleibodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van nat schraalland (Olsen-P: 91 µmol/l; P-t: 15,7 mmol/l; Ca-t: 167 mmol/l). De maaiveldhoogte op locatie 1 is ongeveer 55-60 cm hoger dan het oppervlaktewaterpeil (locatie 107).

Advies 1: inzetten op de ontwikkeling van vochtig hooiland d.m.v. een verschralingsbeheer van circa 20 jaar.

Advies 2: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van nat schraalland.

Locatie 2 (GHG: 60 cm-mv; GLG: 140 cm-mv)

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en matig ijzerhoudend (Ca-t: 276 mmol/l, Fe-t: 231 mmol/l). De bouwvoor is fosfaatarm (Olsen-P: 408 µmol/l, P-t: 17,1 mmol/l). De fosfaatarme bodem is direct geschikt de ontwikkeling van glanshaverhooiland (Al-t 433 mmol/l: het betreft geen vette kleibodem wat positief is). Indien de kruidenrijkdom achterblijft, wordt geadviseerd te plaggen of te chopperen en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van glanshaverhooiland te stimuleren.

Advies: inzetten op de ontwikkeling van een glanshaverhooiland op de toplaag. Eventueel plaggen of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Synthese: Op locatie 1 kan gekozen worden voor het ontwikkelen van een vochtig hooiland op de toplaag d.m.v. een verschralingsbeheer van 20 jaar. Ook kan gekozen worden voor het afgraven van de toplaag (20 cm) waarna de bodem geschikt is voor de ontwikkeling van nat schraalland. Locatie 2 is wat hoger gelegen met een GHG van 60 cm-mv. Geadviseerd wordt in te zetten op de ontwikkeling van een glanshaverhooiland op de toplaag. Eventueel plaggen of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Deelgebied II (locaties 3-6, 8 en 9)

Figuur 20. Impressie van deelgebied II (boven: locatie 4; onder: locatie 9).

Tabel 7. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied II in Overmarsch. Voor de gebruikte afkortingen zie Tabel 6.

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<200	<100	<4000	<40			0	voldoende P-arm
6-10	201-400	100-200	4001-10000	41-100	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	401-800	200-400	10001-20000	101-250	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	801-1200	400-700	20001-35000	251-500	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>1200	700-1000	35001-50000	501-800				matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		1000>	>50000	>800	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M4	M8
3	0-20	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	9	32	1,0	2108	22,3	1421	141	748	97	334	13	0,15	38933	85	8306	5,1	100			51		
	20-30	Klei	BC	7	32	1,0	217	21,4	1578	183	916	105	385	11											
	30-40	Klei	BC	6	32	1,0	289	21,0	1419	170	842	98	376	6											
4	0-20	Klei, matig siltig, bv	AB	8	30	0,9	4301	39,3	1420	143	918	97	326	11	0,00	37433	27	6081	5,6	100		303	48		
	20-30	Klei, matig siltig, bv	AB	7	31	1,0	450	23,5	1197	169	640	75	278	11											
	30-40	Zand	C	2	18	1,5	710	14,6	347	316	222	25	151	2	0,00	11622	108	705	7,8	100			41		
5	0-20	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	22	1,3	1336	25,7	750	110	389	64	193	9	0,00	17953	121	2775	6,1	100		215	41		
	20-40	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	3	21	1,3	568	17,8	679	111	375	50	196	6											
	40-50	Zand	BC	2	20	1,4	551	15,5	532	404	328	39	187	4											
6	0-20	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	6	25	1,2	1023	22,9	854	231	505	58	230	9	0,00	24857	58	3385	7,2	100			42		
	20-35	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	4	21	1,2	331	15,6	931	265	529	58	246	6											
	35-45	Klei, matig siltig	BC	6	31	1,1	355	19,6	1384	281	846	95	330	8											
8	0-20	Klei, sterk siltig, bv	AP	6	26	1,1	627	20,8	1201	150	583	84	290	11	0,00	25180	30	4201	5,6	100			41		
	20-35	Klei, sterk siltig, bv	AP	4	27	1,1	186	16,3	1083	252	532	74	313	6											
	35-45	Klei	BC	2	21	1,3	89	12,2	429	1240	282	34	289	2											
	45-55	Zand	C	1	22	1,3	50	8,1	187	1004	147	14	141	1	0,00	4753	128	259	7,9	100			40		
9	0-20	Klei, matig siltig, bv	AP	11	37	0,8	1140	30,7	1255	153	680	90	263	14	0,00	23498	85	4388	6,0	100			36		
	20-30	Klei, matig siltig, bv	AP	3	22	1,3	558	14,8	740	101	410	49	176	6											
	30-45	Zand	BC	2	19	1,5	446	12,9	496	449	304	35	169	3											
	45-55	Klei, matig siltig	C	7	36	0,9	708	34,9	1337	206	1301	84	293	5											

Locatie 3 (GHG: 20 cm-mv; GLG: 70 cm-mv)

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 141 mmol/l, Fe-t: 748 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2108 µmol/l, P-t: 22,3 mmol/l). Op de toplaag kan ingezet worden op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland door middel van maaien en afvoeren (zie paragraaf 3.3). Als de kruidenrijkdom achterblijft is chopperen en herintroductie een geschikte maatregel. Indien de bouwvoor (20 cm) wordt afgegraven is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van nat schraalland (Olsen-P: 217 µmol/l; P-t: 21,4 mmol/l; Ca-t: 183 mmol/l).

Advies 1: inzetten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag door te maaien en afvoeren of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Advies 2: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van nat schraalland.

Locatie 4 (GHG: 20 cm-mv; GLG: 70 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 143 mmol/l, Fe-t: 918 mmol/l). De toplaag is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4301 µmol/l, P-t: 23,5-39,3 mmol/l). Op de toplaag kan ingezet worden op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland door middel van maaien en afvoeren (zie paragraaf 3.3). Als de kruidenrijkdom achterblijft is chopperen en herintroductie een geschikte maatregel. Indien de toplaag (20 cm) wordt afgegraven is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van vochtig hooiland (Olsen-P: 450 µmol/l; P-t: 23,5 mmol/l; Ca-t: 169 mmol/l).

Advies 1: inzetten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag door te maaien en afvoeren of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Advies 2: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van vochtig hooiland.

Locatie 5 (GHG: 20 cm-mv; GLG: 90 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is matig-sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 110-mmol/l, Fe-t: 389 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1336 µmol/l, P-t: 25,7 mmol/l). Op de toplaag kan ingezet worden op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland door middel van maaien en afvoeren (zie paragraaf 3.3). Als de kruidenrijkdom achterblijft is chopperen en herintroductie een geschikte maatregel. Indien de toplaag (20 cm) wordt afgegraven is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van vochtig hooiland (Olsen-P: 568 µmol/l; P-t: 17,8 mmol/l; Ca-t: 111 mmol/l).

Advies 1: inzetten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag door te maaien en afvoeren of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Advies 2: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van vochtig hooiland.

Locatie 6 (GHG: 30 cm-mv; GLG: 100 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en sterk ijzerhoudend (Ca-t: 231 mmol/l, Fe-t: 505 mmol/l). De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1023 µmol/l, P-t: 22,9 mmol/l). Op de toplaag kan ingezet worden op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland door middel van maaien en afvoeren (zie paragraaf 3.3). Als de kruidenrijkdom achterblijft is chopperen en herintroductie een geschikte maatregel. Indien de toplaag (20 cm) wordt afgegraven is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van nat schraalland (Olsen-P: 331 µmol/l; P-t: 15,6 mmol/l; Ca-t: 281 mmol/l). Van 30-55 cm-mv is zeer kalkrijk zand/klei aangetroffen (983-1476 mmol/l Ca-tot) wat mogelijkheden kan bieden voor de ontwikkeling van een kalkmoeras met voldoende doorstroming.

Advies 1: inzetten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag door te maaien en afvoeren of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Advies 2: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van nat schraalland (of 30 cm voor kalkmoeras).

Locatie 8 (GHG: 20 cm-mv; GLG: 80 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en sterk ijzerhoudend (Ca-t: 150 mmol/l, Fe-t: 583 mmol/l). De toplaag is relatief fosfaatarm (Olsen-P: 627 µmol/l, P-t: 20,8 mmol/l) en daarmee direct geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland. Indien de kruidenrijkdom achterblijft, wordt geadviseerd te plaggen of te chopperen en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren. Indien de toplaag (20 cm) wordt afgegraven is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van nat schraalland (Olsen-P: 186 µmol/l; P-t: 16,3 mmol/l; Ca-t: 252 mmol/l). Van 35-55 cm-mv is zeer kalkrijk zand/klei aangetroffen (1004-1240 mmol/l Ca-tot) wat mogelijkheden kan bieden voor de ontwikkeling van een kalkmoeras met voldoende doorstroming (idem).

Advies 1: inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag. Eventueel plaggen of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Advies 2: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van nat schraalland (of 35 cm voor kalkmoeras).

Locatie 9 (GHG: 10 cm-mv; GLG: 80 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en sterk ijzerhoudend (Ca-t: 153 mmol/l, Fe-t: 680 mmol/l). De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1140 µmol/l, P-t: 30,7 mmol/l). Momenteel is deze locatie gelegen in een bosperceel. Geadviseerd wordt om dit bosperceel om te zetten naar een kruiden- en faunarijk grasland door middel van maaien en afvoeren (zie paragraaf 3.3). Als de kruidenrijkdom achterblijft is chopperen en herintroductie een geschikte maatregel. Indien de toplaag (20 cm) wordt afgegraven is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van nat schraalland (Olsen-P: 558 µmol/l; P-t: 14,8 mmol/l; Ca-t: 101 mmol/l).

Advies 1: inzetten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag door te maaien en afvoeren of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Advies 2: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van nat schraalland.

Synthese: Op de meeste locaties is de toplaag verrijkt met fosfaat. Geadviseerd wordt om op deze locaties in te zetten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland door middel van maaien en afvoeren. Op locatie 8 kan de toplaag worden door ontwikkeld tot een vochtig hooiland. Ook kan gekozen worden voor het afgraven van de toplaag (20 cm) waarna de bodem geschikt is voor de ontwikkeling van nat schraalland met een Olsen-P concentratie van 400 µmol/l (locaties 3, 6, 8 en 9) of vochtig hooiland met een Olsen-P concentratie van 800 µmol/l (locaties 4 en 5). Op locatie 7 en 8 is op 30-35 cm-mv zeer kalkrijk zand aangetroffen wat na afgraving (met voldoende doorstroming) kansen biedt voor de ontwikkeling van kalkmoeras.

Deelgebied III (locaties 10 en 11)

Figuur 21. Impressie van deelgebied III (boven: locatie 10; onder: locatie 11).

Tabel 8. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied III in Overmarsch. Voor de gebruikte afkortingen zie Tabel 6.

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<200	<100	<4000	<40	[illegible]	[illegible]	[illegible]	voldoende P-arm
6-10	201-400	100-200	4001-10000	41-100	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	401-800	200-400	10001-20000	101-250	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	801-1200	400-700	20001-35000	251-500	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>1200	700-1000	35001-50000	501-800	31-50	401-800	[illegible]	matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		1000>	>50000	>800	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M4	M8
10	0-20	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	9	37	0,7	671	19,3	826	145	429	57	182	15	18,04	53911	33	4382	6,6	100	[illegible]	206	42	27	[illegible]
	20-30	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	24	1,2	384	16,0	936	476	567	62	271	9										[illegible]	[illegible]
	30-40	Zand	C	2	19	1,4	424	13,1	449	772	286	34	198	4	0,00	29817	160	2013	7,8	100	[illegible]	154	47	[illegible]	[illegible]
11	0-20	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	8	29	0,9	817	22,8	1047	163	554	76	257	12	4,20	53269	31	5946	6,5	100	1,6	248	42	49	3
	20-40	Klei, sterk siltig	BC	6	29	1,0	484	18,9	1058	271	558	72	267	11										21	[illegible]
	40-55	Klei, sterk siltig	BC	3	21	1,4	858	18,9	799	475	423	64	269	6										18	6
	55-65	Zand	C	1	20	1,3	214	7,0	204	525	141	15	101	1										0	0

Locatie 10 (GHG: 10 cm-mv; GLG: 85 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is sterk calciumhoudend en matig-sterk ijzerhoudend (Ca-t: 145 mmol/l, Fe-t: 429 mmol/l). De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 671 µmol/l, P-t: 19,3 mmol/l) en hierdoor direct geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland. Indien de kruidenrijkdom achterblijft, wordt geadviseerd te plaggen of te chopperen en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren. Indien de toplaag (20 cm) wordt afgegraven is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van nat schraalland (Olsen-P: 384 µmol/l; P-t: 16,0 mmol/l; Ca-t: 476 mmol/l). Op 30-40 cm-mv is kalkrijk zand aangetroffen (772 mmol/l Ca-tot).

Advies 1: inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag. Eventueel plaggen of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Advies 2: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van nat schraalland.

Locatie 11 (GHG: 30 cm-mv; GLG: 70 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 163 mmol/l, Fe-t: 554 mmol/l). De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 817 µmol/l, P-t: 22,8 mmol/l) hierdoor in combinatie met beperkt verschralingsbeheer geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland met een Olsen-P concentratie van 800 µmol/l. Indien de kruidenrijkdom achterblijft, wordt geadviseerd te plaggen of te chopperen en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren.

Advies: inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag d.m.v. een verschralingsbeheer van circa 3 jaar. Eventueel plaggen of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Synthese: Geadviseerd wordt om op beide locaties in te zetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland tot een Olsen-P concentratie van 800 µmol/l op de toplaag. Op locatie 11 is een beperkt aanvullend verschralingsbeheer vereist (minimaal 3 jaar). Eventueel plaggen of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein. Eventueel kan op locatie 10 gekozen worden voor het afgraven van de toplaag (20 cm) t.b.v. de ontwikkeling van nat schraalland (vanaf 30 cm is er kalkrijk zand aangetroffen).

Deelgebied IV (locaties 7, 12-21)

Figuur 22. Impressie van deelgebied IV (boven: locatie 13; onder: locatie 18).

Tabel 9. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied IV in Overmarsch. Voor de gebruikte afkortingen zie Tabel 6.

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<200	<100	<4000	<40			0	voldoende P-arm
6-10	201-400	100-200	4001-10000	41-100	2-5	51-100	>10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	401-800	200-400	10001-20000	101-250	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	801-1200	400-700	20001-35000	251-500	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>1200	700-1000	35001-50000	501-800				matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		1000>	>50000	>800	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M4	M8
7	0-20	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	8	31	0,9	380	18,1	767	162	365	55	196	12	0,00	23556	20	1989	6,9	100		218	40		
	20-30	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	25	1,1	241	14,9	946	395	465	70	262	7											
	30-45	Zand	BC	1	20	1,4	65	13,2	488	1476	275	37	300	3											
	45-55	Zand	9	0	21	1,3	0	6,4	153	983	124	12	111	0											
12	0-20	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	22	1,1	663	17,0	816	97	417	53	198	8	22,78	39261	127	4836	5,0	100	2,0	121	62	13	
	20-40	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	3	19	1,2	383	13,5	824	104	417	51	204	7											
	40-50	Zand	BC	3	18	1,3	270	11,6	626	209	331	41	178	4											
	50-60	Zand	C	1	19	1,4	75	6,0	157	642	118	12	105	0											
13	0-20	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	8	29	1,0	617	20,4	1472	149	724	105	325	11	9,99	58733	58	8389	5,3	100	1,5		58	34	
	20-40	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	7	32	0,9	314	15,9	1200	163	610	76	287	9											
	40-50	Klei	BC	2	23	1,3	208	14,8	512	1423	333	35	334	3											
14	0-20	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	8	28	0,9	534	19,5	1425	154	806	92	330	9	5,78	61816	31	7340	5,2	100			46	28	
	20-40	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	8	30	0,9	421	17,0	1273	155	780	75	306	9										5	
	40-55	Klei	BC	5	30	1,0	133	15,3	1298	177	665	85	346	5											
15	0-20	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	10	31	0,9	667	21,4	1050	177	605	61	247	13	0,00	62491	21	5581	5,7	100	1,6	87	46	40	
	20-35	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	7	30	1,0	376	17,4	1537	186	748	104	332	11											
	35-45	Klei, sterk siltig	BC	4	30	1,0	86	14,6	1374	271	661	97	357	5											
16	0-20	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	11	35	0,8	875	24,7	1088	153	716	71	237	12	0,00	66059	20	4002	6,3	100		67	44	51	13
	20-30	Zand	BC	3	22	1,3	290	14,0	395	1101	385	22	224	4											
	30-40	Zand	C	1	20	1,3	94	10,4	324	1272	240	26	220	2	0,00	13780	175	661	7,8	100			37		
17	0-20	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	7	25	1,0	398	17,0	759	305	458	52	210	11	3,95	50412	71	2278	7,3	100	1,9		42		
	20-30	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	23	1,1	212	14,8	938	341	532	64	250	8											
	30-40	Zand	BC	2	19	1,3	205	13,6	533	763	354	38	194	6											
	40-50	Zand	C	1	20	1,4	105	11,3	274	1185	213	19	176	2											
18	0-20	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	8	28	0,9	433	19,6	789	154	615	44	206	11	1,93	58573	60	4521	6,8	100			49	9	
	20-30	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	7	27	1,0	278	18,9	991	203	767	62	248	10											
	30-40	Zand	BC	3	20	1,5	249	11,6	424	516	322	27	160	4											
	40-50	Zand	C	1	18	1,4	164	7,0	233	533	165	17	112	1											
19	0-20	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	9	28	1,0	906	20,7	908	164	407	62	209	13	13,41	49830	71	7381	6,6	100	4,9		46	36	15
	20-30	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	20	1,3	532	22,8	1116	462	667	80	355	8										18	
	30-40	Zand	BC	1	13	1,4	183	8,0	306	568	204	23	141	2	0,00	18455	142	1572	7,7	100	1,8	82	37		
20	0-20	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	10	31	0,9	982	28,6	1216	403	562	105	364	13	0,00	55570	52	7172	7,3	100	2,1	212	28	46	33
	20-30	Klei	BC	8	28	1,1	465	21,4	1650	338	753	128	426	11										9	
	30-40	Klei	BC	6	28	1,2	357	22,5	1637	365	817	123	440	13											
21	0-20	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	6	25	1,3	984	26,1	1068	355	565	79	307	11	0,00	53905	132	3303	7,2	100	6,4		65	69	30
	20-40	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	5	22	1,2	486	23,1	1052	438	581	71	305	10										26	
	40-50	Zand	BC	1	19	1,3	144	9,3	278	1185	199	24	168	1	0,00	10714	227	435	8,3	100	5,4	60	6		

Locatie 7 (GHG: 25 cm-mv; GLG: 90 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is matig-sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 162 mmol/l, Fe-t: 365 mmol/l). De toplaag is fosfaatarm (Olsen-P: 380 µmol/l, P-t: 18,1 mmol/l). De fosfaatarme bodem is direct geschikt voor de ontwikkeling van nat schraalland. Indien de kruidenrijkdom achterblijft, wordt geadviseerd te plaggen of te chopperen en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van nat schraalland te stimuleren. Van 30-45 cm-mv is zeer kalkrijk zand aangetroffen.

Advies: inzetten op de ontwikkeling van een nat schraalland op de toplaag. Eventueel plaggen of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Locatie 12 (GHG: 40 cm-mv; GLG: 100 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is matig-sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 97 mmol/l, Fe-t: 417 mmol/l). De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 663 µmol/l, P-t: 17,0 mmol/l). Door de beperkte verrijking is de toplaag direct geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland. Indien de kruidenrijkdom achterblijft, wordt geadviseerd te plaggen of te chopperen en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren. Indien de toplaag (20 cm) wordt afgegraven is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van nat schraalland (Olsen-P: 383 µmol/l; P-t: 13,5 mmol/l; Ca-t: 104 mmol/l).

Advies 1: inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag. Eventueel plaggen of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Advies 2: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van nat schraalland.

Locatie 13 (GHG: 40 cm-mv; GLG: 100 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 149 mmol/l, Fe-t: 724 mmol/l). De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 617 µmol/l, P-t: 20,4 mmol/l). Door de beperkte verrijking is de toplaag direct geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland. Indien de kruidenrijkdom achterblijft, wordt geadviseerd te plaggen of te chopperen en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren. Indien de toplaag (20 cm) wordt afgegraven is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van nat schraalland (Olsen-P: 314 µmol/l; P-t: 14,8 mmol/l; Ca-t: 1423 mmol/l). Vanaf 40 cm-mv is kalkrijke (zandige) klei aangetroffen.

Advies 1: inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag. Eventueel plaggen of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Advies 2: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van nat schraalland.

Locatie 14 (GHG: 30 cm-mv; GLG: 100 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 154 mmol/l, Fe-t: 806 mmol/l). De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 534 µmol/l, P-t: 19,5 mmol/l). Door de beperkte verrijking is de toplaag direct geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland. Indien de kruidenrijkdom achterblijft, wordt geadviseerd te plaggen of te chopperen en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren. Indien de toplaag (20 cm) wordt afgegraven met een aanvullend verschralingsbeheer van circa 5 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van nat schraalland (Olsen-P: 421 µmol/l; P-t: 17,0 mmol/l; Ca-t: 155 mmol/l).

Advies 1: inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag. Eventueel plaggen of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Advies 2: 20 cm afgraven met een aanvullend verschralingsbeheer van circa 5 jaar t.b.v. de ontwikkeling van nat schraalland.

Locatie 15 (GHG: 50 cm-mv; GLG: 100 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 177 mmol/l, Fe-t: 605 mmol/l). De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 667 µmol/l, P-t: 21,4 mmol/l). Door de beperkte verrijking is de toplaag direct geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland. Indien de kruidenrijkdom achterblijft, wordt geadviseerd te plaggen of te chopperen en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren. Indien de toplaag (20 cm) wordt afgegraven is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van nat schraalland (Olsen-P: 376 µmol/l; P-t: 17,4 mmol/l; Ca-t: 271 mmol/l).

Advies 1: inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag. Eventueel plaggen of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Advies 2: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van nat schraalland.

Locatie 16 (GHG: 30 cm-mv; GLG: 85 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 153 mmol/l, Fe-t: 716 mmol/l). De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 875 µmol/l, P-t: 24,7 mmol/l). Na een verschralingsbeheer van circa 13 jaar is de toplaag geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland. Indien de kruidenrijkdom achterblijft, wordt geadviseerd te plaggen of te chopperen en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren. Indien de toplaag (20 cm) wordt afgegraven is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van nat schraalland (Olsen-P: 290 µmol/l; P-t: 14,0 mmol/l; Ca-t: 1101 mmol/l). De bodem is dermate kalkrijk dat dit wellicht mogelijkheden biedt voor een kalkmoeras met voldoende doorstroming (idem).

Advies 1: inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag d.m.v. een verschralingsbeheer van circa 13 jaar. Eventueel plaggen of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Advies 2: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van nat schraalland/kalkmoeras.

Locatie 17 (GHG: 40 cm-mv; GLG: 100 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is zeer sterk calciumhoudend en matig-sterk ijzerhoudend (Ca-t: 305 mmol/l, Fe-t: 458 mmol/l). De toplaag is fosfaatarm (Olsen-P: 398 µmol/l, P-t: 17,0 mmol/l). De fosfaatarme bodem is direct geschikt voor de ontwikkeling van nat schraalland. Indien de kruidenrijkdom achterblijft, wordt geadviseerd te plaggen of te chopperen en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van nat schraalland te stimuleren. Van 30-50 cm-mv is zeer kalkrijk zand aangetroffen.

Advies: inzetten op de ontwikkeling van een nat schraalland op de toplaag. Eventueel plaggen of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Locatie 18 (GHG: 30 cm-mv; GLG: 100 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 154 mmol/l, Fe-t: 615 mmol/l). De toplaag is fosfaatarm (Olsen-P: 433 µmol/l, P-t: 19,6 mmol/l). De fosfaatarme bodem is direct geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland. Met een aanvullend verschralingsbeheer van

circa 9 jaar is de bodem geschikt voor de ontwikkeling van nat schraalland. Indien de kruidenrijkdom achterblijft, wordt geadviseerd te plaggen of te chopperen en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van nat schraalland te stimuleren.

Advies: inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland (of nat schraalland met een aanvullend verschralingsbeheer van circa 9 jaar) op de toplaag. Eventueel plaggen of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Locatie 19 (GHG: 30 cm-mv; GLG: 120 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is sterk calciumhoudend en matig-sterk ijzerhoudend (Ca-t: 164 mmol/l, Fe-t: 406 mmol/l). De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 906 µmol/l, P-t: 20,7 mmol/l). Na een verschralingsbeheer van circa 15 jaar is de toplaag geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland. Indien de kruidenrijkdom achterblijft, wordt geadviseerd te plaggen of te chopperen en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren. Indien de toplaag (20 cm) wordt afgegraven is de bodem direct geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland (Olsen-P: 532 µmol/l; P-t: 22,8 mmol/l; Ca-t: 462 mmol/l).

Advies 1: inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag d.m.v. een verschralingsbeheer van circa 15 jaar. Eventueel plaggen of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Advies 2: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van vochtig hooiland.

Locatie 20 (GHG: 30 cm-mv; GLG: 110 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 403 mmol/l, Fe-t: 562 mmol/l). De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 982 µmol/l, P-t: 28,6 mmol/l). Na een verschralingsbeheer van circa 33 jaar is de toplaag geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland. Indien de kruidenrijkdom achterblijft, wordt geadviseerd te plaggen of te chopperen en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren. Indien de toplaag (20 cm) wordt afgegraven is de bodem direct geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland (Olsen-P: 465 µmol/l; P-t: 21,4 mmol/l; Ca-t: 338 mmol/l).

Advies 1: inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag d.m.v. een verschralingsbeheer van circa 33 jaar. Eventueel plaggen of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Advies 2: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van vochtig hooiland.

Locatie 21 (GHG: 40 cm-mv; GLG: 110 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 355 mmol/l, Fe-t: 565 mmol/l). De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 984 µmol/l, P-t: 26,1 mmol/l). Na een verschralingsbeheer van circa 30 jaar is de toplaag geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland. Indien de kruidenrijkdom achterblijft, wordt geadviseerd te plaggen of te chopperen en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren. Indien de toplaag (20 cm) wordt afgegraven is de bodem direct geschikt voor de

ontwikkeling van vochtig hooiland (Olsen-P: 486 µmol/l; P-t: 23,1 mmol/l; Ca-t: 438 mmol/l). Van 40-50 cm-mv is zeer kalkrijk zand aangetroffen.

Advies 1: inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag d.m.v. een verschralingsbeheer van circa 30 jaar. Eventueel plaggen of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Advies 2: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van vochtig hooiland.

Synthese: De toplaag in het gebied Sprabanen is op de meeste locaties beperkt verrijkt met fosfaat. Op locaties 7 en 17 is de toplaag fosfaatarm en direct geschikt voor de ontwikkeling van nat schraalland op de toplaag. Op de andere locaties is de toplaag geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland tot een Olsen-P concentratie van 800 µmol/l. Op locaties 16 en 19-21 is een aanvullend verschralingsbeheer vereist (circa 13-33 jaar). Ook kan gekozen worden voor het afgraven van de toplaag (20 cm) (met lokaal een aanvullend verschralingsbeheer) waarna de bodem geschikt is voor de ontwikkeling van een nat schraalland met een Olsen-P van 400 µmol/l (locaties 12-16 en 18) of een vochtig hooiland met een Olsen-P van 800 µmol/l (locaties 14, 19, 20 en 21) en op termijn een nat schraalland.

Deelgebied V (locaties 22-25)

Figuur 23. Impressie van deelgebied V (boven: locatie 22; onder: locatie 25).

Tabel 10. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied V in Overmarsch. Voor de gebruikte afkortingen zie Tabel 6.

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<200	<100	<4000	<40	[illegible]	[illegible]	[illegible]	voldoende P-arm
6-10	201-400	100-200	4001-10000	41-100	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	401-800	200-400	10001-20000	101-250	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	801-1200	400-700	20001-35000	251-500	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>1200	700-1000	35001-50000	501-800	[illegible]	[illegible]	[illegible]	matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		1000>	>50000	>800	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M4	M8
22	0-20	Klei, matig humeus, bv	AP	4	21	1,3	1198	31,3	650	442	339	58	255	15	0,00	30776	134	1556	7,4	100	7,2	389	2	[illegible]	65
	20-40	Klei, matig humeus, bv	AP	3	15	1,5	1511	28,4	694	823	384	64	306	7										[illegible]	[illegible]
	40-50	Klei	BC	2	17	1,5	691	22,6	653	722	360	57	287	7										24	[illegible]
23	0-20	Zand	AAN	5	17	1,3	1008	24,9	415	338	239	39	180	14	0,00	32931	354	2980	7,5	100	11,1	[illegible]	1	62	32
	20-40	Zand	AAN	3	13	1,3	910	19,1	380	487	231	35	178	7										26	14
	40-60	Zand	AAN	3	12	1,3	887	18,2	351	616	239	31	191	7										10	6
24	0-20	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	9	31	1,1	3439	41,0	822	590	485	58	279	14	0,00	54655	48	6056	7,2	100	2,8	[illegible]	2	[illegible]	[illegible]
	20-35	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	8	29	1,1	804	26,8	993	314	550	77	372	14										55	1
	35-45	Klei, matig siltig	BC	5	24	1,2	778	24,7	1033	622	530	82	412	8										30	[illegible]
25	0-20	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	7	24	1,2	483	19,0	836	154	427	58	232	12	0,00	41252	58	5859	6,8	100	1,5	[illegible]	1	20	[illegible]
	20-30	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	21	1,3	251	18,0	930	358	483	70	299	10										[illegible]	[illegible]
	30-40	Klei	BC	3	18	1,5	138	15,6	661	929	403	47	308	6										[illegible]	[illegible]

Locatie 22 (GHG: 80 cm-mv; GLG: 150 cm-mv)

Deze locatie is wat hoger en droger gelegen. De toplaag (0-20 cm-mv) is sterk calciumhoudend en matig-sterk ijzerhoudend (Ca-t: 442 mmol/l, Fe-t: 339 mmol/l). De toplaag is matig verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1198 µmol/l, P-t: 31,3 mmol/l). Geadviseerd wordt om te richten op een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag door middel van maaien en afvoeren (zie paragraaf 3.3). Als de kruidenrijkdom achterblijft is chopperen in combinatie met herintroductie of tijdelijk akkeren een geschikte maatregel voor kruidenrijk grasland / glanshaverhooiland.

Advies: inzetten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland (of glanshaverhooiland) op de toplaag door te maaien en afvoeren in combinatie met chopperen of tijdelijk akkeren (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Locatie 23 (GHG: 110 cm-mv; GLG: 150> cm-mv)

Deze locatie is wat hoger en droger gelegen. De toplaag (0-20 cm-mv) is sterk calciumhoudend en matig ijzerhoudend (Ca-t: 338 mmol/l, Fe-t: 239 mmol/l). De toplaag is matig verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1008 µmol/l, P-t: 24,9 mmol/l). Geadviseerd wordt om te richten op een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag door middel van maaien en afvoeren (zie paragraaf 3.3). Als de kruidenrijkdom achterblijft is chopperen in combinatie met herintroductie of tijdelijk akkeren een geschikte maatregel voor kruidenrijk grasland / glanshaverhooiland.

Advies: inzetten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland (of glanshaverhooiland) op de toplaag door te maaien en afvoeren in combinatie met chopperen of tijdelijk akkeren (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Locatie 24 (GHG: 10 cm-mv; GLG: 70 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is sterk calciumhoudend en matig-sterk ijzerhoudend (Ca-t: 590 mmol/l, Fe-t: 485 mmol/l). De toplaag is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3439 µmol/l, P-t: 41,0

mmol/l). Indien de toplaag (20 cm) wordt afgegraven is de bodem geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland (Olsen-P: 804 µmol/l; P-t: 26,8 mmol/l; Ca-t: 314 mmol/l).

Advies: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van vochtig hooiland.

Locatie 25 (GHG: 35 cm-mv; GLG: 120 cm-mv)

De toplaag (0-20 cm-mv) is matig-sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 154 mmol/l, Fe-t: 427 mmol/l). De toplaag is fosfaatarm (Olsen-P: 483 µmol/l, P-t: 19,0 mmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland. Indien de kruidenrijkdom achterblijft, wordt geadviseerd te plaggen of te chopperen en maaisel van een doelvegetatie op te brengen om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren. Indien 30 cm wordt afgegraven komt een kalkrijke, voedselarme kleiige bodem aan het oppervlak (Olsen-P: 138 µmol/l; P-t: 15,6 mmol/l; Ca-t: 929 mmol/l).

Advies: inzetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag. Eventueel plaggen of chopperen (mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken) in combinatie met maaisel op te brengen uit een referentieterrein.

Synthese: Op de oostelijke (hoger en droger gelegen) locaties in deelgebied V (locaties 22 en 23) is de toplaag matig verrijkt met fosfaat en neemt de fosfaatconcentratie nauwelijks af in de diepte. Hier wordt geadviseerd in te zetten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland/glanshaverhooiland op de toplaag door te maaien en afvoeren. Chopperen of tijdelijk akkeren in combinatie met herintroductie is eveneens een optie. Op de westelijke locaties 24 en 25 kan worden ingezet op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag (locatie 25; eventueel plaggen of chopperen, mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken, in combinatie met maaisel opbrengen uit een referentieterrein) of na 20 cm afgraven (locatie 24).

60228 0017

5. RESULTATEN WATERBODEMONDERZOEK OUDE IJSSELSTRANG

5.1 Het onderzoek

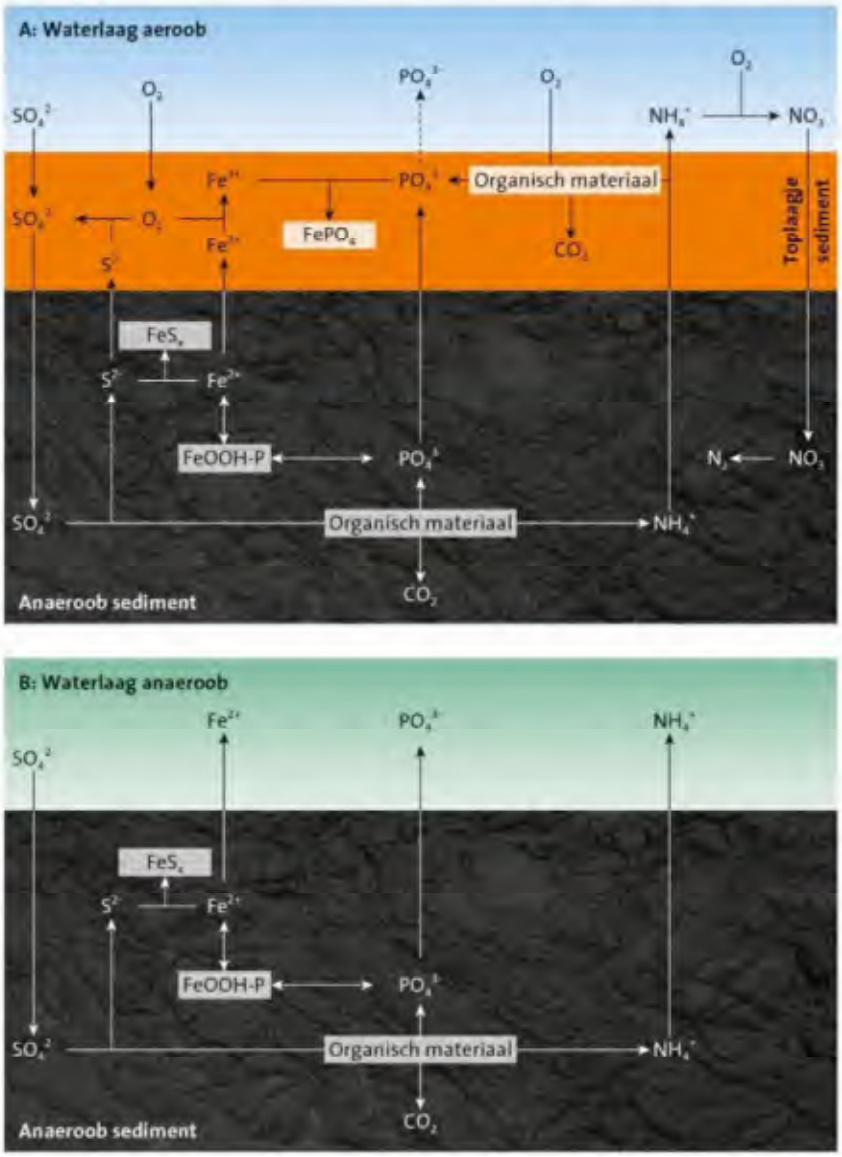
Op de locaties 101 t/m 110 en 121 werden in de oude IJsselstrang op drie dieptes (toplaag slib, restant slib, minerale bodem) waterbodemmonsters verzameld voor analyse (Figuur 23 en Figuur 24). Op de overige locaties is alleen een profielbeschrijving uitgevoerd ten behoeve van het door de opdrachtgever op te stellen inrichtingsplan. Op de locaties 102, 103, 107, 109, 110 en 121 werd tevens een oppervlaktewatermonster geanalyseerd. Primaire doel is het in kaart brengen van het risico op P-nalevering naar de waterlaag op basis van de poriewater en waterbodemchemie. Dit komt in dit hoofdstuk aan bod. Daarnaast werd het bodemprofiel en de diepte van de waterlaag beschreven (zie bijlage).

Figuur 24. Overzicht van de ligging van de monsterlocaties in de oude IJsselstrang. Locatie 110, 121, 122 en 123 liggen in de benedenloop van de Voorstondense Beek ten oosten van de strang.

Figuur 25. Impressie van de oude IJsselstrang. Foto's: 5.1.2e

5.2 Biogeochemische processen in waterbodems

Waterbodems zijn permanent waterverzadigd en hierdoor overwegend zuurstofarm. In permanent anaerobe bodems fungeren in plaats van zuurstof andere elektronenacceptoren (zoals nitraat, driewaardig ijzer en sulfaat) als alternatieve elektronenacceptor voor de afbraak van organisch materiaal. De beschikbaarheid van alternatieve elektronenacceptoren binnen een watersysteem zal dan ook in belangrijke mate bijdragen aan de afbraak van organisch materiaal in de anaerobe waterbodem. Bij deze afbraak komen anorganisch koolstof (kooldioxide en bicarbonaat) en nutriënten vrij in de vorm van fosfaat en ammonium, en wordt ook stikstofgas, gereduceerd ijzer (Fe^{2+}) en/of sulfide gevormd. Het vrij sulfide bindt aan ijzer dat aanwezig is in de waterbodem, waardoor de mobiliteit van ijzer afneemt en tevens de binding van fosfor aan ijzer(hydr)oxiden verminderd wordt (Lamers e.a., 1998; Smolders e.a., 2006). Naarmate een groter deel van het ijzer in de bodem gebonden is aan sulfide, zal de ijzerconcentratie van het poriewater dalen. Hierdoor kan er ook minder fosfaat gebonden worden in de bodem, met een stijging van de fosfaatconcentratie in het poriewater van de waterbodem als gevolg (Smolders e.a., 2006).



Figuur 26. Interacties tussen de zwavel-, ijzer- en fosforkringloop in wateren met een zuurstofhoudende waterlaag (A) en wateren met een zuurstofarme waterlaag (B). In oranje is het geoxideerde toplaagje van de waterbodem (het sediment) weergegeven. Dit laagje is meestal maar enkele millimeters dik. Bron: Smolders e.a. (2019).

60228 0017

Hoge ijzerconcentraties in het bodemwater gaan, zolang de waterlaag voldoende zuurstof bevat, de nalevering van fosfaat naar de waterlaag tegen. Dit heeft te maken met het feit dat relatief goed oplosbaar gereduceerd ijzer (Fe^{2+}) in het geoxideerde toplaagje van het sediment wordt geoxideerd tot slecht oplosbaar Fe^{3+}. Dit Fe^{3+} kan in de bodem samen met fosfaat neerslaan als ijzerfosfaat of als slecht oplosbaar ijzer(III)(hydr)oxide waaraan fosfaat kan adsorberen (de "ijzerval"; Figuur 6). De ijzerval kan functioneren zolang er voldoende zuurstof in de waterlaag boven de waterbodem aanwezig is. Wanneer de waterlaag zuurstofarm wordt (met name in stagnant water), kan het ijzer niet meer worden geoxideerd en zal fosfaat samen met het ijzer naar de waterlaag diffunderen. Dit gebeurt met name in de zomermaanden wanneer het warm is en er veel reactief organisch materiaal, dode algen en plantenresten in de toplaag aanwezig zijn. De hoge microbiële activiteit kan er dan, samen met het feit dat er in warmer water minder zuurstof kan oplossen, voor zorgen dat de zuurstofconcentratie in de waterlaag sterk daalt. Zolang de waterlaag aeroob is, is de ratio tussen de ijzer- en de fosforconcentratie van het poriewater dus bepalend voor de mate van fosfornalevering uit de waterbodem naar de waterlaag. Wanneer de waterlaag anaeroob wordt, bijvoorbeeld in de zomerperiode, kan dit leiden tot fosfaatnalevering vanuit de waterbodem naar het oppervlaktewater (Figuur 6).

5.3 Slibdikte

De slibdikte (Figuur 26 en Figuur 27) in het gebied varieert sterk. Zie de bijlage voor de profielen waarin ook de diepte van de waterlaag zichtbaar is. Met name aan de westzijde is een relatief dik slibpakket aangetroffen van circa 150 tot >240 cm. In de Voorstondense Beek ligt slechts 20-40 cm slib. Centraal in de slenk (locaties 116, 124, 105) varieert de slibdikte van 90-125 cm. In het noordelijke deel is aan de westkant een slibpakket van 145-170 cm aangetroffen terwijl de dikte verder overwegend circa 60-115 cm is. Op de locaties 125 en 101 is veen aangetroffen met 46-85% organische stof terwijl in het slib het percentage organische stof circa 20% is. Analyses van de waterbodem en het poriewater wijzen uit wat het risico op P-nalevering is vanuit de toplaag van de slibbodem en of het verwijderen van de toplaag van het slib of de volledige sliblaag (tot op de kleibodem) kan bijdragen aan een verbetering van de waterkwaliteit.

Figuur 27. Foto's van de waterbodem op de locaties 105, 115 en 118. Foto's: 5.1.2e Zie de bijlage voor de boorprofielen.

60228 0017

Figuur 28. Overzicht van de slibdikte (in cm's) op de verschillende locaties in de oude IJsselstrang. * = gekarteerd als veenbodem.

5.4 Resultaten van de metingen

In Tabel 11 worden de resultaten van de oppervlaktewater- en poriewateranalyses weergegeven en in Tabel 12 de resultaten van de waterbodemanalyses.

Het oppervlaktewater laat een uniform beeld zien en is gebufferd (pH 7,3-7,5, alkaliniteit 4,4-4,8 meq/l, ±5300-5800 µmol/l HCO_3^-). Het is arm aan ammonium (1-2 µmol/l) en ortho-fosfaat (±0,05-0,2 µmol/l). Het water is matig verrijkt met nitraat (NO_3^-: 75-113 µmol/l) en is (matig) sulfaathoudend (SO_4^{2-}: 318-523 µmol/l). De CO_2 concentratie is ±400-600 µmol/l. Krabbenscheer (zie Kader 2) heeft bijvoorbeeld CO_2 rijk (>200 µmol/l) water nodig om zich te kunnen vestigen.

Meetpunt 110 betreft de 'tankgracht' die ter hoogte van Kijfsdijken parallel loopt aan de strang. Deze voert water af van een groot agrarisch achterland, passeert het zuidelijk deel van de strang en komt pas bij de Empese Brug de strang in. Naast landbouwwater (het oppervlaktewwater is verrijkt met nitraat en sulfaat) vangt deze watergang ook heel veel kwel af, getuige de kleur van het water en massale begroeiing door waterviolier. Dit verklaart waarschijnlijk ook de lage ortho-P concentratie van het oppervlaktewater (veel P-binding).

De huidige oppervlaktewaterkwaliteit (eenmalige meting 6/7 februari 2023) in de oude IJsselstrang geeft geen aanleiding tot het verwijderen van de sliblaag. Echter, dit betreft een meting in de winterperiode. In de zomerperiode kunnen temperatuurgestuurde redoxprocessen optreden en tot fosfaatmobilisatie in de waterbodem leiden. Het is afhankelijk van de Fe/P concentratie in het poriewater en het zuurstofgehalte van het oppervlaktewater of er nalevering naar de waterlaag plaatsvindt. Deze risico's worden in het vervolg van deze paragraaf nader toegelicht op basis van de poriewater- en waterbodemanalyses.

Tabel 11. Overzicht van de oppervlaktewaterkwaliteit en poriewaterkwaliteit (in verschillende bodemlagen) van de waterbodems in de oude IJsselstrang. De concentraties zijn weergegeven in µmol/l. EGV = Elektrisch Geleidingsvermogen in µS/cm, Alk = alkaliniteit in meq/l. Fe/P en (Fe-S)/P zijn ratio's in mol/mol. Daarnaast zijn de gemiddeldes van de toplaag en de onderliggende slibbodems plus de kleibodem weergegeven.

Code	Diepte	Type	pH	Alk	EGV	CO_2	HCO_3^-	Al	Ca	Fe	Mg	P	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{3-}	Na^+	K^+	Cl^-
102	n.v.t.	OW	7,5	4,7	594	455	5798	0,00	2406	3	402	2,4	318	89	1,2	0,21	567	93	395
103	n.v.t.	OW	7,5	4,7	578	457	5611	0,00	2327	5	404	2,1	334	75	1,5	0,21	579	102	535
107	n.v.t.	OW	7,5	4,4	588	397	5305	0,02	2392	15	404	1,7	475	110	1,4	0,08	562	86	537
109	n.v.t.	OW	7,5	4,4	591	396	5312	0,14	2395	15	407	1,9	458	94	1,5	0,04	604	89	581
110	n.v.t.	OW	7,3	4,6	615	619	5547	0,00	2554	17	429	1,9	523	113	1,2	0,05	545	65	511
121	n.v.t.	OW	7,3	4,8	619	607	5579	0,00	2542	20	427	2,1	523	109	2,0	0,09	532	61	507
Code	**Diepte**	**Type**	**pH**	**EGV**	**CO_2**	**HCO_3^-**	**Al**	**Ca**	**Fe**	**Mg**	**P**	**S**	**Fe/P**	**(Fe-S)/P**	**NO_3^-**	**NH_4^+**	**Na^+**	**K^+**	**Cl^-**
101-1	5-25	veen	7,0	525	1239	5461	0,0	2171	159	294	7,1	103	22,3	7,9	4,2	21	473	34	439
101-2	25-80	veen	7,0	507	1204	4663	0,0	2004	98	269	6,0	160	16,4	-10,4	2,7	22	540	61	545
101-3	80-120	klei	6,7	593	2735	5930	0,0	2503	166	249	15,0	35	11,0	8,7	1,6	2	573	2	487
102-1	60-80	slib	6,9	841	2567	9066	0,0	2982	156	506	49,0	41	3,2	2,3	1,7	888	575	164	544
102-2	80-130	slib	6,7	956	4791	10268	0,0	3051	403	516	40,9	28	9,9	9,2	2,0	1569	560	160	513
102-3	130-300	slib	6,6	904	6102	9650	0,0	2120	1158	356	5,0	43	229,6	221,2	1,6	2614	463	116	501
103-1	80-100	slib	6,6	1131	8078	12864	0,0	3298	1547	538	48,5	40	31,9	31,0	1,7	2226	585	173	565
103-2	110-270	slib	6,6	1060	7219	11682	0,0	2777	1578	463	28,6	38	55,2	53,9	1,2	2332	540	144	509
103-3	270-320	klei	6,6	869	5162	9160	0,0	2297	957	545	24,2	27	39,5	38,4	1,3	2001	463	124	463
104-1	50-70	slib	6,8	1054	4882	11633	0,0	3725	711	551	31,2	72	22,8	20,5	1,1	1485	642	179	680
104-2	90-250	slib	6,6	1314	7765	14296	0,0	3204	1500	552	37,2	54	40,3	38,9	2,6	4606	679	186	867
104-3	250-300	klei	6,6	1106	7602	11402	0,0	2557	1319	573	16,9	21	78,2	76,9	1,1	3823	621	188	1079
105-1	95-115	slib	6,7	1134	4701	10696	0,0	3512	184	529	8,5	23	21,8	19,1	0,8	577	3449	281	2857
105-2	115-220	slib	6,9	1044	2390	8740	0,0	2887	222	413	25,3	50	8,8	6,8	1,4	415	3516	364	3055
105-3	220-270	klei	7,0	913	2071	8206	0,0	2439	132	407	11,1	21	11,9	10,0	0,9	375	3456	250	3000
106-1	70-90	slib	6,6	889	6189	10131	0,0	3231	1399	478	46,6	39	30,0	29,2	1,0	377	770	113	1060
106-2	90-145	slib	6,6	1012	6332	11209	0,0	3098	1471	480	35,2	34	41,8	40,8	1,1	1693	604	106	828
106-3	145-260	klei	6,7	783	4123	8190	0,0	2408	504	468	8,0	23	63,2	60,3	0,9	1190	627	100	1015
107-1	190-220	slib	6,9	1104	4406	13064	0,0	3678	661	555	71,2	42	9,3	8,7	0,8	1984	704	114	554
107-2	220-360	slib	6,7	1120	5607	12845	0,0	3178	1072	463	53,9	46	19,9	19,0	0,9	2944	698	112	565
107-3	360-450	klei	6,7	887	5143	9938	0,0	2087	1091	347	22,6	39	48,4	46,6	0,6	3227	467	91	442
108-1	85-105	slib	7,2	573	924	6320	0,1	2184	48	389	15,8	13	3,0	2,2	1,1	75	614	51	604
108-2	105-145	slib	7,3	563	780	6313	0,0	2138	56	399	21,2	8	2,6	2,3	0,5	51	602	54	609
108-3	145-175	klei	7,3	516	698	5444	0,0	1932	19	347	2,4	60	8,0	-17,6	1,9	48	612	54	658
109-1	105-125	slib	6,8	742	3369	8444	0,0	2903	858	416	45,7	24	18,8	18,3	3,8	352	584	113	650
109-2	125-220	slib	6,7	907	4609	10584	0,0	3458	842	476	29,9	29	28,2	27,2	4,4	398	621	92	610
109-3	220-270	klei	7,0	541	1564	6329	0,0	2285	101	316	1,5	41	66,6	39,4	1,3	13	520	10	590
110-1	100-120	slib	7,0	779	2083	9095	0,0	3222	350	506	18,6	116	18,8	12,5	1,2	155	534	29	580
110-2	120-160	klei	7,1	809	1661	8879	0,0	3435	98	548	6,8	314	14,3	-31,6	1,1	45	535	13	567
121-1	90-110	slib	7,0	782	2560	9645	0,0	3273	659	488	42,8	92	15,4	13,2	9,2	308	419	116	383
121-2	110-130	slib	7,1	749	1669	9519	0,0	3281	258	480	29,9	60	8,6	6,6	0,5	91	378	114	308
121-3	130-155	klei	7,2	781	1405	8764	0,0	3201	91	469	12,5	91	7,3	0,0	7,7	69	397	142	379
121-4	155-200	zand	7,2	757	1433	8715	0,0	3290	81	486	9,0	302	9,0	-24,5	0,6	8	380	98	315
gem-1	slib-top		6,8	903	3976	10096	0,0	3201	**657**	496	**37,8**	50	**17,5**	15,7	2,2	**842**	888	133	848
gem-2	slib-rest		6,8	969	4574	10606	0,0	3008	**823**	471	**33,6**	39	**23,9**	22,7	1,6	**1566**	911	148	874
gem-3	klei		6,9	780	3216	8224	0,0	2515	**448**	427	**12,1**	67	**34,8**	23,1	1,8	**1079**	827	97	868

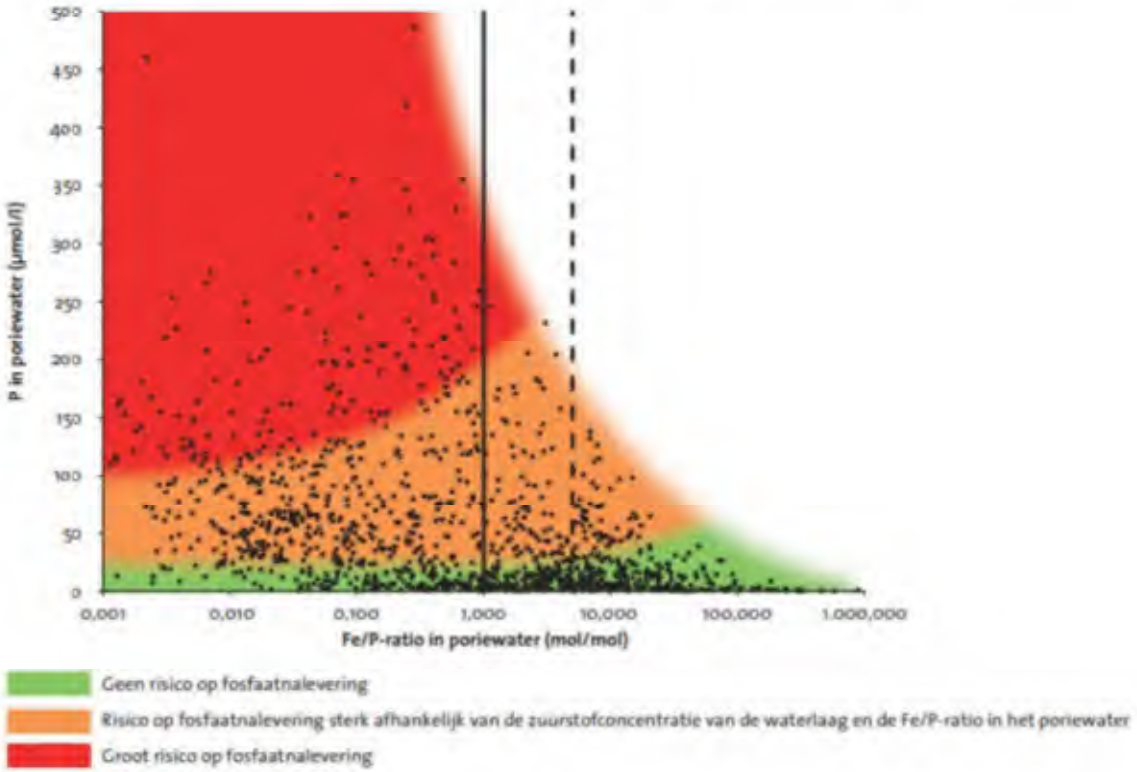
60228 0017

Tabel 12. Overzicht waterbodemchemie van verschillende bodemlagen in de oude IJsselstrang. De totale concentraties (-t) zijn weergegeven in mmol/kg DW. Fe/S is de ijzer:zwavel-ratio in mol/mol. OS = percentage organische stof (gloeiverlies). V= vochtpercentage en MV = massa/volume in kg/l. Daarnaast zijn de gemiddeldes van de toplaag en de onderliggende slibbodems plus de kleibodem weergegeven.

Code	Diepte	Type	OS	V	MV	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Fe/S
101	5-25	Veen	85	93	0,08	75	32	6	585	5	30	178	3,3
	25-80	Veen	46	86	0,15	125	891	1	379	20	45	424	0,9
	80-120	Klei, sterk humeus	24	76	0,27	21	873	13	412	73	306	91	4,5
102	60-80	Slib, sterk humeus	32	88	0,13	114	202	28	460	10	55	547	0,8
	80-130	Slib, sterk humeus	38	87	0,14	77	1010	4	355	24	75	524	0,7
	130-300	Slib, sterk humeus	25	80	0,22	114	773	1	1719	36	139	194	8,8
103	80-100	Slib, sterk humeus	21	80	0,21	105	741	4	976	37	125	353	2,8
	110-270	Slib, matig humeus	18	77	0,27	74	493	4	913	25	100	183	5,0
	270-320	Klei, matig humeus	8	48	0,63	25	718	28	617	65	349	62	9,9
104	50-70	Slib, matig humeus	12	59	0,51	26	180	12	221	9	80	145	1,5
	90-250	Slib, sterk humeus	22	69	0,36	67	578	5	372	24	109	219	1,7
	250-300	Klei, matig humeus	14	69	0,35	58	759	4	1003	59	213	63	16,0
105	95-115	Slib, sterk humeus	26	79	0,23	61	925	5	370	36	102	279	1,3
	115-220	Slib, sterk humeus	27	78	0,23	81	813	6	570	40	127	341	1,7
	220-270	Klei, matig siltig	6	46	0,79	21	657	43	397	71	340	80	4,9
106	70-90	Slib, sterk humeus	29	86	0,14	99	594	6	1204	29	112	400	3,0
	90-145	Slib, sterk humeus	24	82	0,19	70	474	6	1043	34	151	217	4,8
	145-260	Zand	9	59	0,52	28	709	20	705	64	293	47	15,1
107	190-220	Slib, sterk humeus	21	83	0,18	114	488	12	1066	30	130	390	2,7
	220-360	Slib, sterk humeus	23	82	0,18	116	688	6	1217	30	124	387	3,1
	360-450	Klei, matig siltig	17	72	0,32	70	636	4	1234	57	211	81	15,3
108	85-105	Slib, sterk humeus	21	84	0,17	27	343	111	762	32	130	612	1,2
	105-145	Slib, sterk humeus	22	83	0,17	24	503	99	917	47	161	763	1,2
	145-175	Klei, matig siltig	6	41	0,89	14	912	78	422	104	397	67	6,3
109	105-125	Slib, sterk humeus	20	81	0,21	116	497	15	1037	47	152	233	4,4
	125-220	Slib, sterk humeus	17	78	0,24	91	478	14	962	39	163	194	5,0
	220-270	Klei, sterk siltig	5	38	0,93	22	678	49	427	68	348	21	20,8
110	100-120	Slib, matig humeus	7	53	0,62	46	477	27	691	42	230	98	7,0
	120-160	Klei, matig siltig	5	33	1,07	18	546	88	364	54	336	46	7,8
121	90-110	Slib, sterk humeus	11	68	0,37	81	509	16	1064	48	211	112	9,5
	110-130	Slib, sterk humeus	7	55	0,57	69	454	17	841	43	216	139	6,0
	130-155	Klei, sterk siltig	4	30	1,16	15	448	83	298	46	305	20	15,0
	155-200	Zand	1	20	1,14	7	111	145	100	10	131	2	40,4
gem-1	slip-top		19,9	76	0,28	**79**	496	24	785	32	133	317	**3,4**
gem-2	slib-rest		21,9	77	0,26	**74**	610	18	799	34	136	330	**3,2**
gem-3	klei		9,8	51	0,69	**29**	694	41	588	66	310	58	**11,6**

60228 0017

De fosfaatnalevering (via diffusie) uit sedimenten (Figuur 28) wordt sterk bepaald door de ijzer/fosfor (Fe/P) ratio van het poriewater (Smolders e.a., 2013). Dit komt omdat in het oxidatieve toplaagje tussen water en sediment het opgeloste gereduceerde ijzer weer wordt geoxideerd waardoor fosfaat wordt gebonden aan de ijzer(hydr)oxides en/of ijzer en fosfaat gezamenlijk neerslaan als $FePO_4$ in de toplaag. Als gevolg hiervan wordt de nalevering van P naar de waterlaag beperkt zolang de Fe/P ratio in het bodemvocht voldoende hoog is (>>1) en zolang de waterlaag voldoende zuurstofhoudend is (>5-6 mg/l). Wanneer de P-concentratie in het poriewater laag is (<10-20 µmol/l) is het risico op P-nalevering sowieso laag. In de praktijk blijkt een P-nalevering uit onderwaterbodems die hoger is dan 1-2 mg/m^2/dag, vaak al te leiden tot (ernstige) waterkwaliteitsproblemen (algenbloei). Een relatief veilige grenswaarde is een P-nalevering van maximaal 0,5 tot 1 mg/m^2/dag (Janse, 2005).



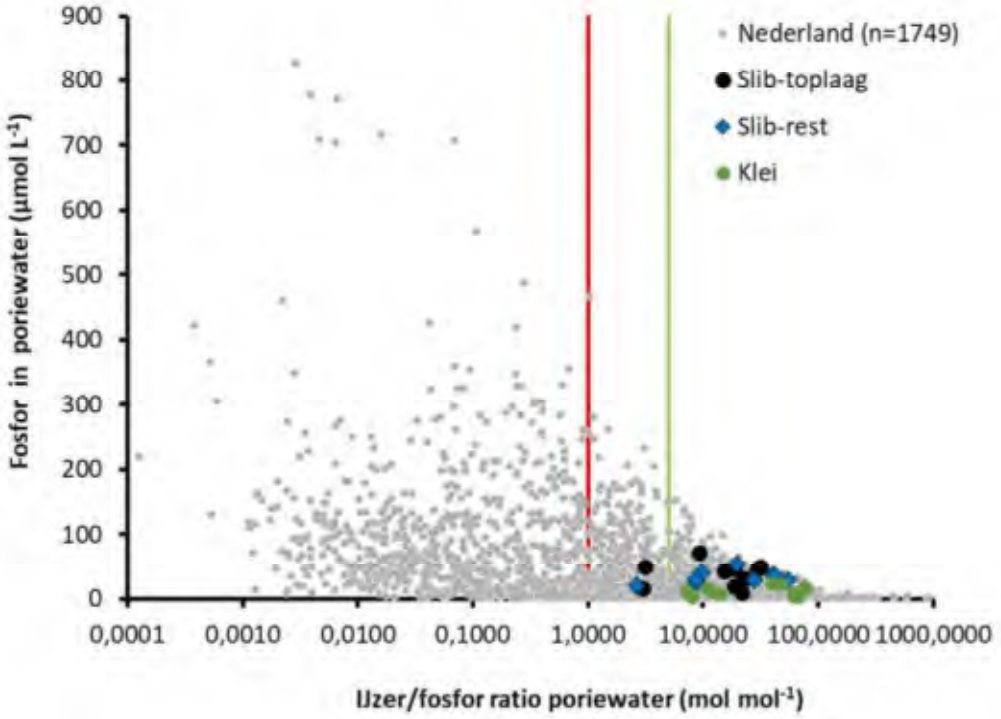
Figuur 29. Relatie tussen de ijzer/fosfor-ratio en de fosforconcentratie in het poriewater voor Nederlandse waterbodems. Het risico op nalevering is klein wanneer de fosforconcentratie in het poriewater lager is dan circa 10 µmol/l (groen) en groot vanaf circa 100 µmol/l (rood). Daar tussenin is de mate van nalevering sterk afhankelijk van de zuurstofconcentratie in het oppervlaktewater en de ijzer/fosfor-ratio in het poriewater. De ijzer/fosfor-ratio is gunstig boven een ratio van 5 (doorgetrokken lijn) en ongunstig onder een ratio van 1 (gestreepte lijn). Bron: dataset Onderzoekcentrum B-WARE.

Begin februari 2023 is de Fe/P ratio van het poriewater gemiddeld 17,5 mol/mol in de toplaag van het slib, 23,9 mol/mol in het slib onder de toplaag en 34,8 mol/mol in de kleibodem. De gemiddelde P concentratie in het poriewater 17,5 mol/mol in de toplaag van het slib, 23,9 mol/mol in het slib onder de toplaag en 34,8 mol/mol in de kleibodem. Bij de afbraak van organisch materiaal wordt onder andere bicarbonaat en ammonium geproduceerd. De ammoniumconcentratie is vooral hoog op de locaties 102, 103, 104, 106 en 107 (en 105): ±800-4500 µmol/l. De bicarbonaatconcentratie is gemiddeld circa 10.000 µmol/l in het slib (20% organische stof) en 8000 µmol/l in de klei (10% organische stof). In de Voorstondense Beek (locatie 110) is de Fe/P ratio eveneens positief, zowel in het slib (19 mol/mol) als in de klei (14 mol/mol)

60228 0017

en is de P-concentratie in het poriewater relatief laag, zowel in het slib (19 µmol/l) als in de klei (7 µmol/l).

In Figuur 29 is voor een groot aantal onderwaterbodems de fosforconcentratie van het poriewater uitgezet tegen de Fe/P ratio van het poriewater. Smolders e.a. (2001) vonden een toename van de nalevering van P naar de waterlaag bij een Fe/P-ratio lager dan 5 (de groene lijn in de figuur). De nalevering van P naar de waterlaag blijkt echter zeer sterk toe te nemen wanneer de Fe/P-ratio in het bodemvocht lager wordt dan 1 (Smolders e.a., 2001; Geurts e.a. 2010; de rode lijn in de figuur). Naarmate de punten meer linksboven in de grafiek liggen neemt de nalevering naar de waterlaag toe.

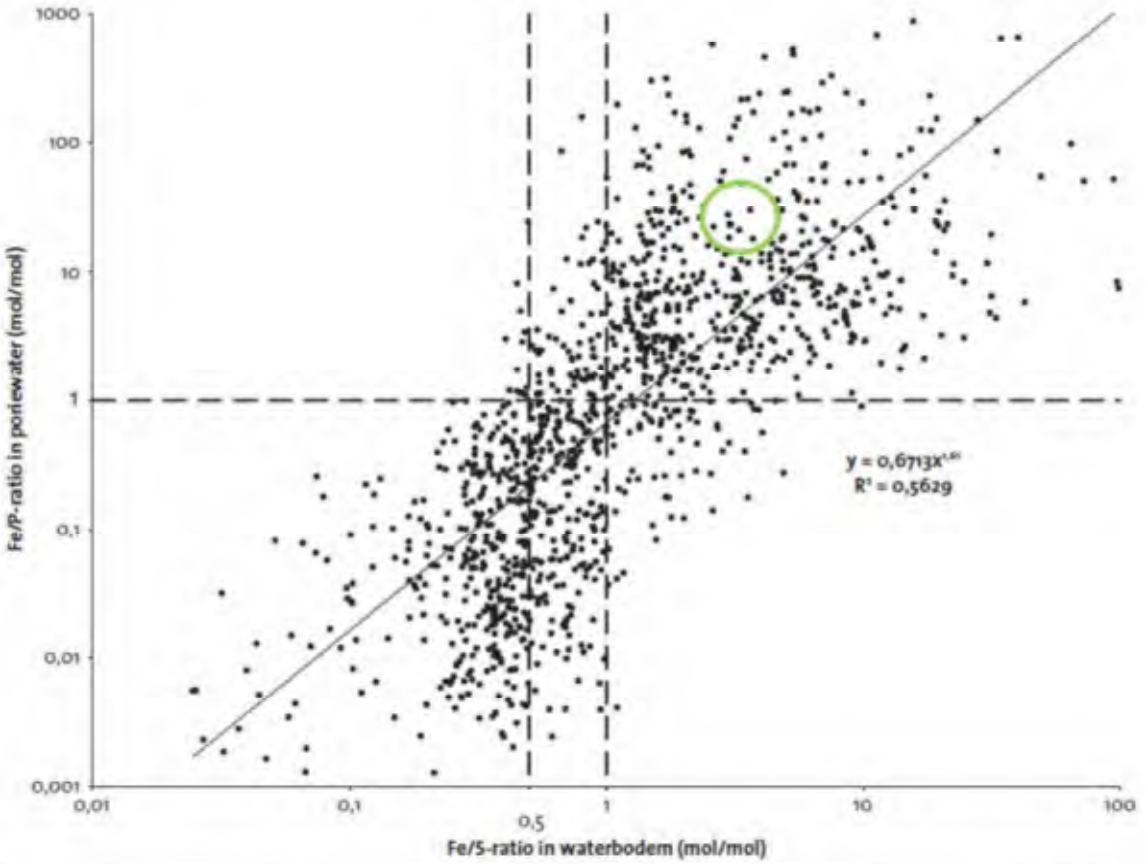


Figuur 30. Relatie tussen de ijzer/fosfor-ratio en de fosforconcentratie in het poriewater voor Nederlandse waterbodems in vergelijking met de bodems uit het onderzoeksgebied waarbij een onderscheid is gemaakt tussen de toplaag van het slib, het onderliggende slib en de kleibodem. Zie ook Figuur 28. Bron: dataset Onderzoekcentrum B-WARE.

We zien dat het poriewater van de slibbodems in de oude strang wordt gekenmerkt door een combinatie van een hoge Fe:P ratio (>>1) en een relatief lage tot beperkt verhoogde P concentratie in het poriewater waardoor de mate van P-nalevering relatief beperkt zal zijn, zeker zolang het oppervlaktewater voldoende zuurstofhoudend is (>5-6 mg/l). De Fe/P-ratio en de P-concentratie in het poriewater is relatief gunstig. De poriewaterkwaliteit in de onderliggende kleibodems is nog gunstiger. De Fe/P ratio is over het algemeen hoger en de P-concentratie lager.

Echter, wanneer de waterlaag (tijdelijk) zuurstofarmer wordt, bijvoorbeeld in de zomerperiode, is de kans op P-nalevering vanuit de sliblaag naar het oppervlaktewater groter aangezien in zuurstofarm water de zogenaamde ijzerval in het topje van de waterbodem niet functioneert als vangnet van fosfor. De P-concentratie in het oppervlaktewater is dus niet alleen afhankelijk van de P-concentratie in de bodem maar ook van de diepte van de waterlaag, de mate van doorstroming (er is sprak van een geïsoleerde strang) en de temperatuur. Wanneer de PO_4^{3-}-concentratie in het oppervlaktewater hoger is dan 1 µmol/l is kan er al algenbloei optreden.

60228 0017



Figuur 31. Relatie tussen de ijzer/zwavel-ratio (Fe/S) van de bodem en de ijzer/fosfor-ratio (Fe/P) in het poriewater voor 1223 waterbodems met een organisch-stofgehalte van ten minste 10 %. De horizontale stippellijn geeft een ijzer/fosfor-ratio van 1 aan. Daarboven neemt de kans op fosfaatnalevering sterk af zolang de waterlaag zuurstofhoudend is. Dit betreft veelal waterbodems met een ijzer/zwavel-ratio hoger dan 1. Bij een ijzer/zwavel-ratio lager dan 0,5 is de ijzer/fosfor-ratio in het poriewater kleiner dan 1 en het risico op fosfaatnalevering groot. Bron: dataset Onderzoekcentrum B-WARE. De groene cirkel geeft globaal de range van de oude IJsselstrang aan.

Wanneer we naar de bodemchemie kijken zien we dat de Fe/S ratio in de slibbodem gemiddeld 3,2-3,4 mol/mol is en 11,6 mol/mol in de kleibodem. In combinatie met de positieve Fe/P ratio (gemiddeld 17,5-23,9 mol/mol in het slib en 34,8 mol/mol in de kleibodem) komen de punten rechtsboven in Figuur 30 te liggen waarmee het risico op fosfaatnalevering relatief laag is.

De gemiddelde totaal-P concentratie van de waterbodem neemt af in de diepte van 79 mmol/kg in de toplaag van het slib en 74 mmol/kg in de rest van het slib naar 29 mmol/kg in de kleibodem.

Voor een eventuele ontwikkeling van krabbenscheer (zie kader 2) in de strang wordt het volgende geadviseerd: herintroductie kan bijdragen aan een sneller herstel. Het is hierbij van belang om grote hoeveelheden van de plant te introduceren. Op deze wijze kan de vegetatie zijn eigen milieu creëren en zodoende de eigen ontwikkeling faciliteren. Op plekken waar de strang diep is (>100 cm) kan lichtgebrek de groei van de planten in het vroege voorjaar belemmeren. Voor krabbenscheer is een slibrestant om in winterperiode te kunnen overwinteren (plus CO_2 voorziening).

60228 0017

Hoewel de beschikbaarheid van fosfor in de waterbodems relatief laag is, is de beschikbaarheid van ammonium in de waterbodems op veel locaties hoog. Deze beschikbaarheid is sterk gecorreleerd met de ijzer en anorganische koolstofconcentraties in het poriewater. Dit duidt er op dat er relatief veel anaerobe afbraak van reactief organisch materiaal plaatsvindt waarbij driewaardig ijzer als alternatieve electronenacceptor optreedt. Bij deze processen komt goed oplosbaar tweewaardig ijzer, anorganische koolstof (CO_2 plus bicarbonaat) en ammonium vrij in een min of meer vaste verhouding. Het fosfor dat bij deze processen vrijkomt wordt gebonden aan ijzer(III)(hydr)oxides en calciumcomplexen waardoor de toename van fosfor beperkt blijft. Hoge ammoniumconcentraties zijn weer ongunstig voor Krabbescheer omdat accumulatie van stikstof in de planten ze gevoelig maakt voor schimmelinfecties.

Ammoniumconcentraties in de onderwaterbodem kunnen worden verlaagd door de bodems tijdelijk droog te laten vallen. Hierbij wordt ammonium geoxideerd naar nitraat dat vervolgens wordt gedenitrificeerd tot stikstofgas. Hierbij zijn zeer goede resultaten geboekt bij een vijver in het Wilheminapark bij Rijswijk waar de ammoniumconcentraties duurzaam ziin verlaagd door een eenmalige droogval van de onderwaterbodem.

5.5 Synthese waterbodemonderzoek

De slibdikte (Figuur 26 en Figuur 27) in het gebied varieert sterk. Zie de bijlage voor de profielen waarin ook de diepte van de waterlaag zichtbaar is. Met name aan de westzijde is een relatief dik slibpakket aangetroffen van circa 150 tot >240 cm. In de Voorstondense Beek ligt slechts 20-40 cm slib. Centraal in de slenk (locaties 116, 124, 105) varieert de slibdikte van 90-125 cm. In het noordelijke deel is aan de westkant een slibpakket van 145-170 cm aangetroffen terwijl de dikte verder overwegend circa 60-115 cm is. Op de locaties 125 en 101 is veen aangetroffen met 46-85% organische stof terwijl in het slib het percentage organische stof circa 20% is.

Het oppervlaktewater (Tabel 11) laat een uniform beeld zien en is gebufferd (pH 7,3-7,5, alkaliniteit 4,4-4,8 meq/l, ±5300-5800 µmol/l HCO_3^-). Het is arm aan ammonium (1-2 µmol/l) en ortho-fosfaat (±0,05-0,2 µmol/l). Het water is matig verrijkt met nitraat (NO_3^-: 75-113 µmol/l) en is (matig) sulfaathoudend (SO_4^{2-}: 318-523 µmol/l). De CO_2 concentratie is ±400-600 µmol/l.

Op basis van dit onderzoek kan worden vastgesteld dat nalevering van fosfor uit de sliblaag naar het oppervlaktewater relatief beperkt is (Figuur 29 en Figuur 30). Echter, wanneer de plas zuurstofarm (<5-6 mg/l) wordt in de zomerperiode kan er wel fosfor naar het oppervlaktewater diffunderen. Om hier een beter beeld van te krijgen zouden in de periode juli-september enkele aanvullend waterbodemanalyses (bodemchemie en poriewater) van het slib kunnen worden uitgevoerd in combinatie met zuurstofmetingen in het oppervlaktewater en analyse van de oppervlaktewaterkwaliteit.

Wanneer de strang zou worden gebaggerd tot op de kleibodem nemen de risico's op P-nalevering af (Tabel 11 en Tabel 12). In de kleibodem zijn de totaal-P concentraties lager (29 vs. 74-79 mmol/kg) en is de Fe/S ratio hoger (11,6 vs. 3,2-3,4 mol/mol). Daarnaast is in het poriewater de P-concentratie lager (12,1 vs. 33,6-37,8 µmol/l) en de Fe/P ratio hoger (35 vs. 17-24 mol/mol). Doordat baggeren ook leidt tot een verdieping van de strang is de kans op zuurstofloosheid in de zomerperiode lager. Lichtgebrek kan (bij dieper water) eventueel wel een beperking vormen voor de groei van waterplanten. De ammoniumconcentratie in de waterbodem is hoog als gevolg van de anaerobe afbraak van reactief organisch materiaal. Deze is gemiddeld 842 µmol/l in de toplaag van het slib en 1566 µmol/l in het onderliggende slib. In de kleibodem is de gemiddelde ammoniumconcentratie in het poriewater 1079 µmol/l. Hoge ammoniumconcentraties zijn weer ongunstig voor krabbenscheer en kunnen worden verlaagd door de bodems tijdelijk droog te laten vallen.

60228 0017

KADER 2: KRABBENSCHEER

Deze algemene informatie is voor een groot deel overgenomen uit Verstijnen & Smolders (2020). Krabbenscheer (*Stratiotes aloides*) is een tweehuizige waterplant die ooit een wijde verspreiding had in het Nederlandse laagveengebied. De plant heeft een zeer korte steel met een bladrozet met 15-50 cm lange, lijnvormige, stekelig getande bladeren. Uit de steel worden adventieve wortels gevormd, die tot meer dan 150 cm lang kunnen worden en waarvan de uiteinden wortelen in de onderwaterbodem. De soort kent een unieke levenscyclus: in de winter verblijven de planten op de bodem van de ondiepe sloten of plassen waarin zij groeien. In het voorjaar, wanneer de fotosynthese weer op gang komt, vormen de planten nieuwe bladeren. De luchtholtes in deze bladeren raken dan gevuld met zuurstof waardoor het drijfvermogen van de planten toeneemt en deze naar de oppervlakte komen. Om dit mogelijk te maken moet het water wel voldoende helder zijn moet er ook voldoende (>200 µmol/l; De Lyon en Roelofs 1986; Harpenslager et al., 2015 - 400-600 µmol/l in het onderzoeksgebied) kooldioxide beschikbaar zijn boven de waterbodem. CO_2 wordt door het blad van de krabbenscheerplanten opgenomen. Wanneer de planten nog niet drijven moeten deze het anorganisch koolstof immers uit de waterlaag opnemen. Wanneer er voldoende CO_2 in de bodem aanwezig is (circa 1500-5000 µmol/l in het onderzoeksgebied) kan dit eventueel ook wat naleveren naar de waterlaag net boven de bodem. Omdat de planten in het vroege voorjaar nog op de bodem liggen kunnen de planten via deze route van extra CO_2 worden voorzien. Krabbenscheerplanten kunnen ook bicarbonaat gebruiken voor de fotosynthese. Energetisch is dit echter veel ongunstiger waardoor het veel langer duurt voordat ze komen opdrijven (Harpenslager et al. 2015). In water met weinig CO_2 blijven de planten meestal dan ook ondergedoken. Ondergedoken planten hebben een dunner blad dan drijvende planten. Drijvende planten kunnen gemakkelijk CO_2 uit de lucht opnemen waardoor ze een zeer hoge koolstofvastlegging kunnen bereiken en veel biomassa kunnen vormen.

In het najaar neemt de fotosynthese af, en de oudere bladeren die afsterven, vullen zich met water. Het drijfvermogen van de plant neemt hierdoor af en deze zinkt naar de bodem. Alleen drijvende planten, met boven het water uitstekende bladeren, kunnen bloeien. De bloemen worden omvat door twee schutbladen, de bloemschede, die lijkt op de schaar van een krab. Hoewel er in Nederland gemengde populaties voorkomen waarin vrucht- en zaadvorming optreedt (Smolders et al., 1993), worden op veel groeiplaatsen uitsluitend mannelijke of vrouwelijke planten gevonden. Krabbenscheer kan zich dan ook zeer goed ongeslachtelijk (klonaal) voortplanten met behulp van uitlopers en winterknoppen, waardoor, wanneer de omstandigheden geschikt zijn, in korte tijd grote wateroppervlakten compleet kunnen dichtgroeien.

Een dichte krabbenscheervegetatie produceert veel organisch materiaal. Aangezien dit materiaal onder water niet volledig afgebroken wordt, vormt zich onder de planten een weke sliblaag, het zogenaamde sapropelium, waardoor het water steeds ondieper wordt. Hierdoor speelt krabbenscheer een belangrijke rol in de verlanding van oppervlaktewateren. Wanneer het water erg ondiep wordt (< 30 cm diep) kunnen zich in de vegetaties planten, zoals waterscheerling en watermunt, vestigen, waardoor er drijftilletjes kunnen ontstaan. Meestal groeien de ondiepe verlande krabbenscheerwateren echter vanuit de oever dicht met riet of zeggen en verdwijnt krabbenscheer vervolgens.

Vroeger waren krabbenscheervegetaties belangrijk als broedplaats voor de bedreigde zwarte stern. Ondertussen maakt de zwarte stern vooral gebruik van kunstmatige nestplaatsen (vlotjes). Krabbenscheervegetaties zijn ook belangrijk, doordat goed ontwikkelde vegetaties met een gradiënt van open water naar verlanding, rijk zijn aan (macro)fauna (Higler, 1977; de Jong, 2000), zoals larven van dansmuggen (Chironomidae), bloedzuigers en platwormen. Soorten zoals de grote gerande oeverspin (Dolomedes plantarius), de krabbenscheermot (*Parapoynx stratiotata*), het lantaarntje (*Ischnura elegans*), de bruine glazenmaker (Aeshna grandis) en de vroege glazenmaker (*Aeshna isoceles*) komen relatief veel voor bij krabbenscheervegetaties (de Jong, 2000). Een drietal soorten, *Bagous binodulus* (een snuittor), *Hydrellia stratiotae* (een oevervlieg) en de zeldzame groene glazenmaker (*Aeshna viridis*), komen zelfs uitsluitend voor in krabbenscheervegetaties.

Hoewel hij algemeen voorkomt, staat krabbenscheer op de Nederlandse Rode Lijst als een gevoelige soort die sinds 1950 sterk is achteruitgegaan. Omdat krabbenscheervegetaties in belangrijke mate bijdragen aan de biodiversiteit van het laagveengebied, wordt het behoud en herstel van krabbenscheervegetaties door veel natuur- en waterbeheerders nagestreefd.

60228 0017

60228 0017

6. SYNTHESE

AANLEIDING EN OPZET ONDERZOEK

- Onderzoekcentrum B-WARE is door Staatsbosbeer gevraagd om een bodem- en hydrochemisch onderzoek uit te voeren om natuurpotenties en geschikte inrichtingsmaatregelen in kaart te brengen voor een aantal voormalige landbouwgronden in Overmarsch, gelegen aan een geïsoleerde strang van de IJssel nabij Empe (Figuur 1). Het opstellen van een beheer- en inrichtingsplan maakt geen onderdeel uit van het onderzoek.
- Het onderzoek is primair gericht op de (water)bodemkwaliteit. Voor het bepalen van de ontgravingsdiepte of mogelijkheden voor een verschralingsbeheer op de voormalige landbouwgronden zijn op 25 locaties de fosfaatgehaltes in de toplaag en in de diepte bepaald en vergeleken met de gewenste fosfaatgehaltes van soortenarme natuurbeheertypen als nat schraalland of vochtig hooiland. In de oude IJsselstrang (deels open water, deels verland broekbos of rietruigte) en de parallel lopende, van zuid naar noord stromende Voorstondense Beek werden op 11 locaties bodemmonsters verzameld van de (water)bodem op verschillende dieptes. Daarnaast werden extra boringen uitgevoerd om de dikte van de sliblaag in kaart te brengen. Op 6 locaties in de oude IJsselstrang en op 3 locaties in de sloten tussen de landbouwpercelen werd tevens een oppervlaktewatermonster verzameld. Daarnaast werd op 8 locaties een monster verzameld van het freatische grondwater uit bestaande peilbuizen of uit een boorgat. Het uitvoeren van een (ecohydrologische) systeemanalyse en het opstellen van een inrichtingsplan maken geen deel uit van het onderzoek. Met behulp van de resultaten van dit onderzoek kan de opdrachtgever gericht keuzes maken bij de gebiedsontwikkeling.

P-GELIMITEERDE NATUURONTWIKKELING (VOORMALIGE) LANDBOUWPERCELEN

- De bodem in het onderzoeksgebied bestaat voornamelijk uit siltige, humeuze klei (met een organisch stofpercentage tot 13%), afgezet op een kalkrijke zandbodem (zie profielen in de bijlage en Figuur 15). De meer zandige bodems (lagere tot-Al concentratie) zijn over het algemeen rijker aan calcium (Figuur 10, rechtsonder). De dikte van de bouwvoor varieert van circa 20-40 cm, maar is overwegend 30 cm. Onder de bouwvoor is veelal een BC horizont gevonden. Op een locatie is een verstoorde AB horizont aangetroffen (locatie 4). De C horizont wordt lokaal aangetroffen op 30-55 cm-mv, op de meeste locaties ligt de C horizont nog dieper. Bij de adviezen per locatie zal worden beschreven tot op welke diepte de bodem verrijkt is met fosfaat. Zie Figuur 9 voor een impressie van de boorprofielen en Bijlage 8.1 voor gedetailleerde boorprofielen.
- De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) in het onderzoeksgebied varieert op de meeste locaties van 10-60 cm-mv, enkel locaties 22 en 23 zijn wat hoger gelegen en hebben een GHG van 80-110 cm-mv. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) varieert van 70-150> cm-mv. Zie Tabel 1 en Figuur 16 voor een overzicht per locatie.
- Voor de ontwikkeling van de beoogde natuurbeheertypen kunnen de volgende streefconcentraties worden gehanteerd (GRIP database Onderzoekcentrum B-WARE):
    - Heischraalgrasland: 100-400 µmol/l bodem (Ca-z 4.000-10.000 µmol/l);
    - Blauwgrasland: 200-500 µmol/l bodem (Ca-z 10.000-30.000 µmol/l);

60228 0017

- Vochtig hooiland/dotterbloemhooiland: 300-800/900 µmol/l bodem; (Ca-z 10.000-50.000 µmol/l), veelal (zeer) ijzerrijk;
- Kruiden- en faunarijk grasland: 900-1200/1500 µmol/l bodem of >1200/1500 µmol/l bodem (mits P-z < 2 µmol/l en/of nitraat <50-100 µmol/l; veelal onder droge condities).

- Uit de bodemchemische analyses blijkt dat de toplaag van de bodems op de meeste locaties beperkt verrijkt is met fosfaat en geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland (met lokaal een aanvullend verschralingsbeheer). Ook zijn er potenties in de diepte en is afgraven een optie om de ontwikkeling van nat schraalland te stimuleren. Het grondwater is op de meeste locaties sterk gebufferd, ijzerrijk en verrijkt met fosfaat waarbij de Fe/P ratio overwegend >1 is: dit is gunstig voor de P-binding. Het oppervlaktewater is op de meeste locaties gebufferd en ook verrijkt met ortho-P. In Figuur 31 en Figuur 32 zijn de beoogde natuurdoelen en benodigde ontgrondingsdieptes inzichtelijk gemaakt.

  Deelgebied I (locaties 1 en 2)

  - De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat en de gemiddelde verschralingsduur tot een Olsen-P concentratie van 400 en 800 µmol/l ligt tussen 2-30 en 0-20 jaar, respectievelijk.
  - Op locatie 1 kan gekozen worden voor het ontwikkelen van een vochtig hooiland op de toplaag d.m.v. een verschralingsbeheer van 20 jaar. Ook kan gekozen worden voor het afgraven van de toplaag (20 cm) waarna de bodem geschikt is voor de ontwikkeling van nat schraalland.
  - Locatie 2 is wat hoger gelegen met een GHG van 60 cm-mv. Geadviseerd wordt in te zetten op de ontwikkeling van een glanshaverhooiland op de toplaag.

  Deelgebied II (locaties 3-6, 8 en 9)

  - De toplaag is op de meeste locaties verrijkt met fosfaat en de gemiddelde verschralingsduur tot een Olsen-P concentratie van 400 en 800 µmol/l ligt tussen 36-152 en 0-200 jaar, respectievelijk.
  - Geadviseerd wordt om op locaties 3-6 en 9 in te zetten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag d.m.v. maaien en afvoeren. Op locatie 8 kan de toplaag worden door ontwikkeld tot een vochtig hooiland. Ook kan gekozen worden voor het afgraven van de toplaag (20 cm) waarna de bodem geschikt is voor de ontwikkeling van nat schraalland met een Olsen-P concentratie van 400 µmol/l (locaties 3, 6, 8 en 9) of vochtig hooiland met een Olsen-P concentratie van 800 µmol/l (locaties 4 en 5).
  - Op locatie 6 en 8 is op 30-35 cm-mv zeer kalkrijk zand aangetroffen wat na afgraving (met voldoende doorstroming) kansen biedt voor de ontwikkeling van kalkmoeras.

  Deelgebied III (locaties 10 en 11)

  - De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat en de gemiddelde verschralingsduur tot een Olsen-P concentratie van 400 en 800 µmol/l ligt tussen 27-49 en 0-3 jaar, respectievelijk.
  - Geadviseerd wordt om op beide locaties in te zetten op de ontwikkeling van een vochtig hooiland tot een Olsen-P concentratie van 800 µmol/l op de toplaag (aanvullend verschralingsbeheer vereist op locatie 11).

- Eventueel kan op locatie 10 gekozen worden voor het afgraven van de toplaag (20 cm) t.b.v. de ontwikkeling van nat schraalland (vanaf 30 cm is er kalkrijk zand aangetroffen).

Deelgebied IV (locaties 7, 12-21)

- De toplaag in het gebied Sprabanen is op de meeste locaties beperkt verrijkt met fosfaat en de gemiddelde verschralingsduur tot een Olsen-P concentratie van 400 en 800 µmol/l ligt tussen 0-85 en 0-33 jaar, respectievelijk.
- Op locaties 7 en 17 is de toplaag fosfaatarm en direct geschikt voor de ontwikkeling van nat schraalland tot een Olsen-P concentratie van 400 µmol/l op de toplaag.
- Op de andere locaties is de toplaag geschikt voor de ontwikkeling van vochtig hooiland tot een Olsen-P concentratie van 800 µmol/l. Op locaties 16 en 19-21 is een aanvullend verschralingsbeheer vereist (circa 13-33 jaar).
- Ook kan gekozen worden voor het afgraven van de toplaag (20 cm) (met lokaal een aanvullend verschralingsbeheer) waarna de bodem geschikt is voor de ontwikkeling van een nat schraalland met een Olsen-P van 400 µmol/l (locaties 12-16 en 18) of een vochtig hooiland met een Olsen-P van 800 µmol/l (locaties 14, 19, 20 en 21).

Deelgebied IV (locaties 22-25)

- Op de oostelijke (hoger en droger gelegen) locaties (22 en 23) is de toplaag verrijkt met fosfaat en de gemiddelde verschralingsduur tot een Olsen-P concentratie van 400 en 800 µmol/l ligt tussen 69-123 en 36-86 jaar, respectievelijk. Op de westelijke locaties (24 en 25) ligt de verschralingsduur tussen 20-180 en 0-162 jaar.
- Op de oostelijke locaties neemt de fosfaatconcentratie nauwelijks af in de diepte. Hier wordt geadviseerd in te zetten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag door te maaien en afvoeren (locaties 22 en 23). Chopperen of tijdelijk akkeren in combinatie met herintroductie is eveneens een optie.
- Op de westelijke locaties kan worden ingezet op de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag (locatie 25; eventueel plaggen of chopperen, mits kruidachtigen/doelsoorten ontbreken, in combinatie met maaisel opbrengen uit een referentieterrein) of na 20 cm afgraven (locatie 24).

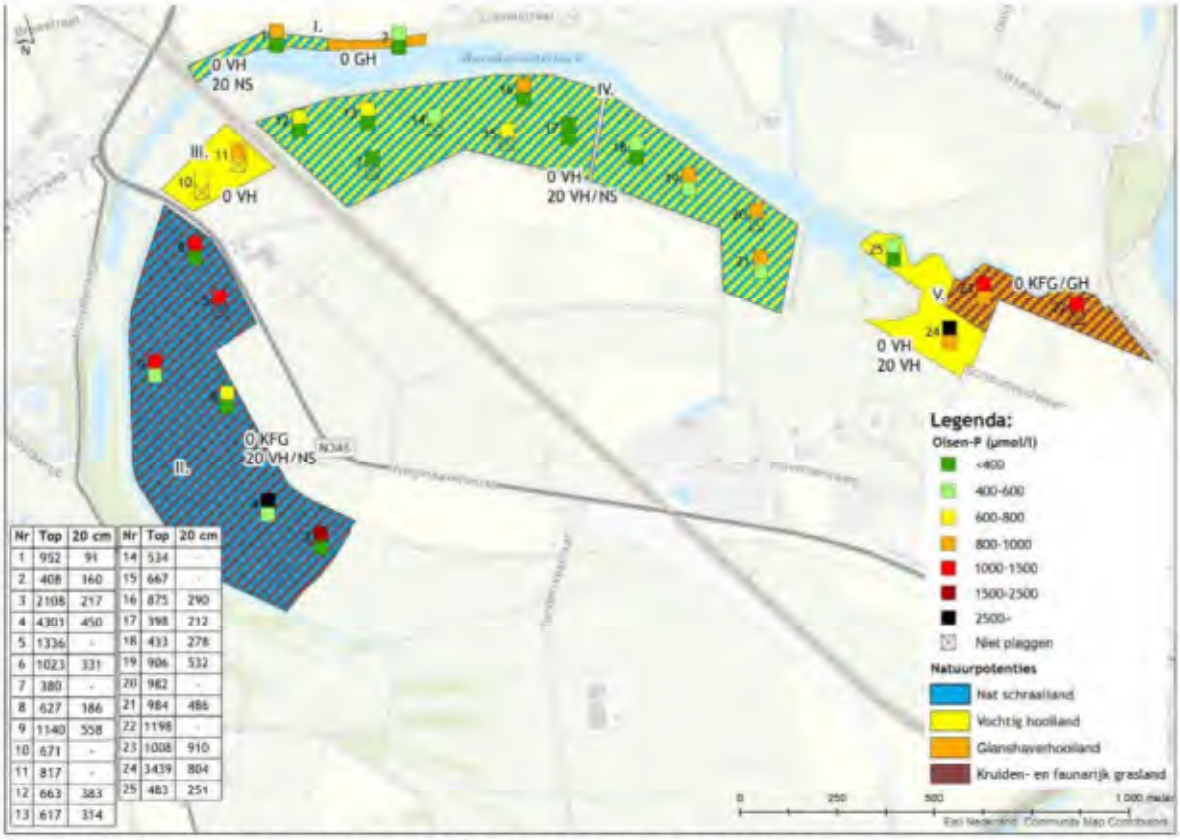
- Wanneer gekozen wordt voor een verschralingsbeheer en bij voldoende voedselarme condities de soortenrijkdom achter blijft kan men inzetten op alternatieve inrichtingsmaatregelen. Dit zijn chopperen, frezen of scheuren van de zode in combinatie met het inzaaien van een gras-/kruidenmengsel (of maaisel opbrengen uit een referentieterrein), gevolgd door een beheer van maaien en afvoeren. Wellicht kan men dit eerst lokaal proberen en monitoren. Op de hogere, drogere delen (locatie 22 en 23) is tijdelijk akkeren gevolgd door het inbrengen van doelsoorten (zaadmengsel of maaisel) ook een optie die kan bijdragen aan de ontwikkeling van glanshaverhooiland;

- Na een eventuele ontgronding wordt geadviseerd om maaisel uit een referentieterrein op te brengen om de ontwikkeling van de doelvegetatie te stimuleren en de ontwikkeling van algemene (ruigte)soorten te onderdrukken. Dit is een essentiële aanvullende maatregel na het optimaliseren van de abiotische condities. Het snel vormen van een nieuwe zode is tevens gunstig op vettere kleibodems, met name wanneer de voedselrijke toplaag is

afgegraven. Hiermee wordt namelijk ook organisch materiaal verwijderd waardoor de bodems sneller kunnen uitdrogen;

- Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd, ook wanneer vernattingsmaatregelen worden genomen. Er dient voldoende doorstroming te zijn en in de zomer dient de toplaag droog te vallen om P-binding te stimuleren en verruiging te voorkomen. In verband met het veranderende klimaat (extremere weersomstandigheden) wordt geadviseerd de hydrologische omstandigheden (bij vernatting) regelbaar te maken.

Figuur 32. Overzicht van de ontgrondingsdieptes (in cm) die nodig zijn om P-arme condities te realiseren waarbij (+) = <10, + = 11-20 en ++ = 21-30 jaar aanvullend verschralingsbeheer vereist. De kleuren geven een beeld van de natuurpotenties. Onder voedselrijkere condities kan een kruiden- en faunarijk grasland worden ontwikkeld.



Nr	Top	20 cm
1	952	91
2	408	160
3	2108	217
4	4301	450
5	1336	-
6	1023	331
7	380	-
8	627	186
9	1140	358
10	671	-
11	817	-
12	663	383
13	617	314

Nr	Top	20 cm
14	534	-
15	667	-
16	875	290
17	398	212
18	433	278
19	906	532
20	982	-
21	984	486
22	1198	-
23	1008	910
24	3439	804
25	483	251

Figuur 33. Overzicht van zones met de globale ontgrondingsdiepte (in centimeters) per zone en beoogde natuurtypes in kleur (groot zwart cijfer/letters). De Olsen-P concentraties in de toplaag en na afgraven van 20 cm staan in de tabel (in µmol/l).

WATERBODEMONDERZOEK OUDE IJSSELSTRANG

Op basis van dit onderzoek kan worden vastgesteld dat nalevering van fosfor uit de sliblaag naar het oppervlaktewater relatief beperkt is. Echter, wanneer de plas zuurstofarm (<5-6 mg/l) wordt in de zomerperiode kan er wel fosfor naar het oppervlaktewater diffunderen. Om hier een beter beeld van te krijgen zouden in de periode juli-september enkele aanvullend waterbodemanalyses (bodemchemie en poriewater) van het slib kunnen worden uitgevoerd in combinatie met zuurstofmetingen in het oppervlaktewater.

Wanneer de strang zou worden gebaggerd tot op de kleibodem nemen de risico's op P-nalevering af. In de kleibodem zijn de totaal-P concentraties lager (29 vs. 74-79 mmol/kg) en is de Fe/S ratio hoger (11,6 vs. 3,2-3,4 mol/mol). Daarnaast is in het poriewater de P-concentratie lager (12,1 vs. 33,6-37,8 µmol/l) en de Fe/P ratio hoger (35 vs. 17-24 mol/mol). Doordat baggeren ook leidt tot een verdieping van de strang is de kans op zuurstofloosheid in de zomerperiode lager. Lichtgebrek kan (bij dieper water) eventueel wel een beperking vormen voor de groei van waterplanten. Een ander mogelijk nadeel van baggeren is het aantasten van de waterondoorlaatbare eigenschap van het bodemslib (mededeling 5.1.2e).

De ammoniumconcentratie in de waterbodem is hoog als gevolg van de anaerobe afbraak van reactief organisch materiaal. Deze is gemiddeld 842 µmol/l in de toplaag van het slib en 1566 µmol/l in het onderliggende slib. In de kleibodem is de gemiddelde ammoniumconcentratie in het poriewater 1079 µmol/l. Hoge ammoniumconcentraties zijn weer ongunstig voor krabbenscheer en kunnen worden verlaagd door de bodems tijdelijk droog te laten vallen.

7. LITERATUUR

De Lyon, M.J.H., & Roelofs, J.G.M. (1986). Waterplanten in relatie tot waterkwaliteit en bodemgesteldheid. Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.

Harpenslager, S.F., Smolders, A.J.P., Kieskamp, A.A.M., Roelofs, J.G.M. & Lamers, L.P.M. (2015). To float or not to float: how interactions between light and dissolved inorganic carbon species determine the buoyancy of Stratiotes aloides. PloS ONE, 10(4), e0124026.

Higler, L.W.G., 1977. Macrofauna-cenoses on Stratiotes plants in Dutch broads. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Wageningen.

Jong , Th.H. de, 2000. Soortenbeschermingsplan voor Krabbescheer en Groene Glazenmaker. Provincie Utrecht.

Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Department of Agriculture* circular No. 939.

Scherpenisse, M.C., E. Verbaarschot, B. Timmermans, R. Bobbink & P.J.M. Verbeek (2017) Graslanden in Overijssel. Advies voor kwaliteitsverbetering van kruiden- en faunarijk grasland. Natuurbalans - Limens Divergens BV, Nijmegen.

Schippers, W. (2012) Ontwikkelen van kruidenrijk grasland. *Samenwerkende Uitgevers Vof.*

Smolders, A.J.P., A.H.N. van Duynhoven & J.G.M. Roelofs, 1993. Vruchtzetting en zaadproductie van Krabbescheer (Stratiotes aloides L.) in Nederland. Gorteria 19: 55-61.

Smolders A.J.P., Roelofs J.G.M. & den Hartog C., 1996. Possible causes for the decline of the water soldier (Stratiotes aloides L.) in the Netherlands. Archiv für Hydrobiologie 136: 327-342.

Smolders A.J.P., van Riel M.C. & Roelofs J.G.M., 2000. Accumulation of free-amino acids as an early indication for physiological stress (nitrogen overload) due to elevated ammonium levels in vital Stratiotes aloides L. stands. Archiv für Hydrobiologie 150: 169-175.

Smolders, F., van Mullekom, M., Tomassen, H. & Westendorp P.J. (2019) Waterkwaliteitsproblemen tot in de bodem uitgezocht. Brochure 2019, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Verstijnen Y. & Smolders F. (2020). Krabbenscheertransplantatie Volgermeerpolder, vooronderzoek. Rapportnummer RP-18.080A.19.67. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

60228 0017

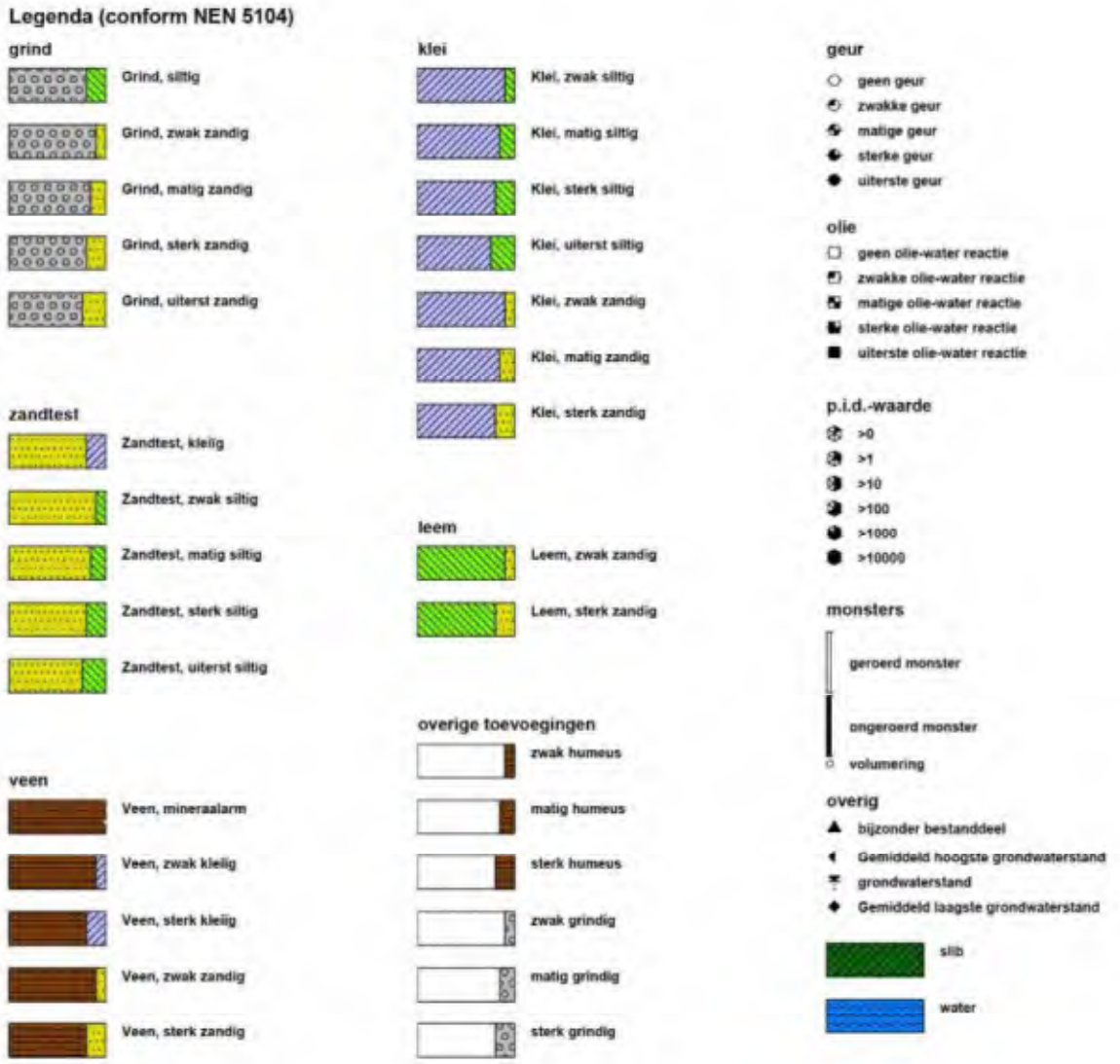
60228 0017

8. BIJLAGEN

8.1 Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem

Profielbeschrijvingen conform NEN5104 van de boorlocaties in het gebied. Profielbeschrijvingen zijn opgesteld door ATKB (5.1.2e).

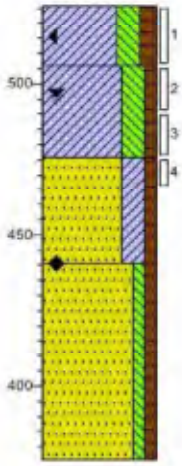
Legenda:



ATKB

Boring: 01

X: 207032,44
Y: 463598,66
Datum: 6-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 5.258
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 30
GHG: 10
GLG: 85



0 braak

(20) 20 AP-HORIZONT
Klei, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, M50 (110), zwak roesthoudend, matig wortelhoudend, K-waarde: 0.1 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, hout, bouwvoor

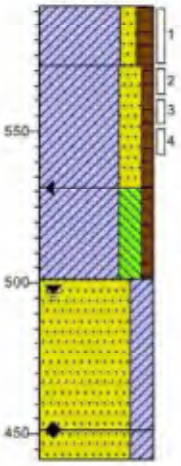
(30) 50 BC-HORIZONT
Klei, matig stevig, sterk siltig, zwak humeus, matig roesthoudend, resten wortels, sporen schelpen, K-waarde: 0.05 (slecht), donker beigeroest, Edelmanboor, ijzerrijker kleilig, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, humusinspoeling

(35) 85 C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, sterk kleilig, zwak humeus, M50 (150), resten schelpen, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.5 (redelijk), licht beigegrijs, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, moedermateriaal

(65) 150 C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (160), resten veen, K-waarde: 2 (goed), donkergrijs, Edelmanboor, gereduceerd, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

Boring: 02

X: 207346,20
Y: 463593,06
Datum: 6-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 5.916
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 95
GHG: 60
GLG: 140



0 gras

(20) 20 AP-HORIZONT
Klei, matig stevig, matig zandig, matig humeus, M50 (145), resten wortels, sporen roest, K-waarde: 0.2 (matig), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

(40) 60 BC-HORIZONT
Klei, vast, sterk zandig, zwak humeus, M50 (145), sporen roest, sporen Humus, K-waarde: 0.3, licht bruinbeige, Edelmanboor, egaal ingespoeld, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

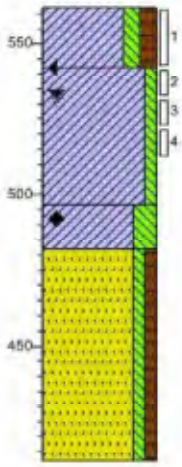
(30) 90 BC-HORIZONT
Klei, vast, sterk siltig, zwak humeus, M50 (100), sporen roest, sporen Humus, K-waarde: 0.01 (slecht), licht grijsbeige, Edelmanboor, sugger kei, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

(50) 140 C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, sterk kleilig, M50 (155), matig roesthoudend, laagjes klei, lensjes zand, K-waarde: 0.3 (redelijk), licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

(10) 150 C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, sterk kleilig, M50 (150), K-waarde: 0.5 (redelijk), donkergrijs, Edelmanboor, gereduceerd, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

Boring: 03

X: 207145,18
Y: 462310,67
Datum: 7-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 5.621
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 30
GHG: 20
GLG: 70



0 weiland

(20) 20 AP-HORIZONT
Klei, stevig, matig siltig, matig humeus, resten wortels, K-waarde: 0.05 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

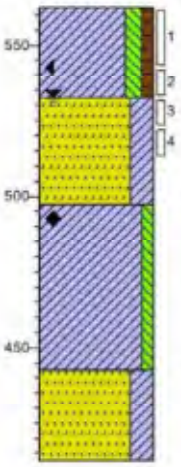
(45) 65 BC-HORIZONT
Klei, matig stevig, zwak siltig, sporen roest, sporen Humus, K-waarde: 0.01 (slecht), lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

(15) 80 C-HORIZONT
Klei, stevig, sterk siltig, lensjes zand, K-waarde: 0.2 (redelijk), donkergrijs, Edelmanboor, gereduceerd, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal

(70) 150 C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (175), sporen plantenresten niet-houtig, K-waarde: 3 (goed), donkergrijs, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

Boring: 04

X: 207009,95
Y: 462394,85
Datum: 7-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 5.625
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 30
GHG: 20
GLG: 70



0 weiland

(30) 30 AB-HORIZONT
Klei, stevig, matig siltig, zwak humeus, matig roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 0.05 (slecht), donker bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

(35) 65 C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, sterk kleilig, M50 (175), zwak roesthoudend, lensjes klei, K-waarde: 0.5 (redelijk), lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

(55) 120 C-HORIZONT
Klei, matig slap, zwak siltig, lensjes zand, K-waarde: 0.05 (slecht), licht grijsblauw, Edelmanboor, gereduceerd, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal

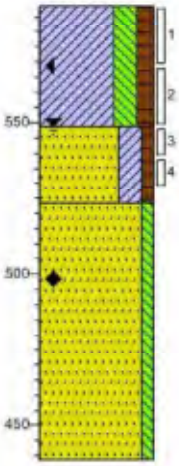
(30) 150 C-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, sterk kleilig, M50 (195), laagjes klei, laagjes zand, K-waarde: 1 (redelijk), donkergrijs, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal

Projectcode: PR-22.193

Projectnaam: Onderzoek waterbodem, oppervlaktewater, bodemopbouw, bodemchemie Overmarsch

Boring: 05

X: 206885,55
Y: 462916,38
Datum: 7-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 5.886
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 40
GHG: 20
GLG: 90



0 weiland

AP-HORIZONT (40)
Klei, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, M50 (145), resten wortels, sporen roest, sporen zand, K-waarde: 0.05 (redelijk), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

40

BC-HORIZONT (25)
Zand, matig fijn, vast, sterk kleiig, zwak humeus, M50 (155), sporen Humus, sporen roest, K-waarde: 1 (redelijk), lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

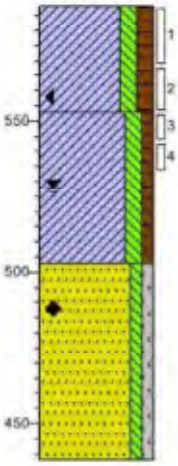
65

C-HORIZONT (85)
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, M50 (195), K-waarde: 2 (goed), licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

150

Boring: 06

X: 206822,81
Y: 463055,15
Datum: 7-2-2023
Boormeester: S.1.2a
N.A.P. : 5.88
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 60
GHG: 30
GLG: 100



0 weiland

AP-HORIZONT (35)
Klei, matig stevig, matig siltig, matig humeus, zwak roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 0.01 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

35

BC-HORIZONT (50)
Klei, matig stevig, matig siltig, zwak humeus, sporen Humus, sporen roest, K-waarde: 0.05 (slecht), licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

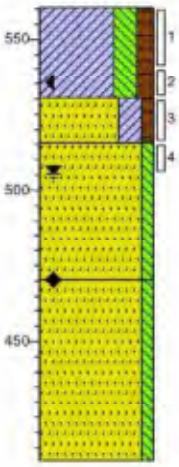
85

C-HORIZONT (65)
Zand, matig grof, vast, zwak siltig, zwak grindig, M50 (250), K-waarde: 5 (zeer goed), lichtgrijs, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

150

Boring: 07

X: 207278,66
Y: 463272,47
Datum: 8-2-2023
Boormeester: S.1.7e
N.A.P. : 5.606
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 55
GHG: 25
GLG: 90



0 weiland

AP-HORIZONT (30)
Klei, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, M50 (145), zwak roesthoudend, resten wortels, sporen zand, K-waarde: 0.1 (matig), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

30

BC-HORIZONT (15)
Zand, zeer fijn, vast, sterk kleiig, zwak humeus, M50 (145), zwak roesthoudend, lensjes klei, sporen Humus, K-waarde: 0.3 (redelijk), licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, humusinspoeling

45

C-HORIZONT (45)
Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (195), sporen roest, K-waarde: 3 (zeer goed), licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

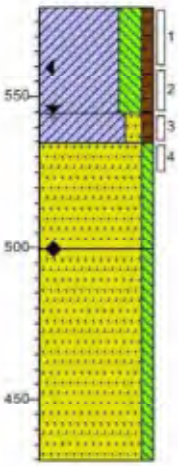
90

C-HORIZONT (60)
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, M50 (195), sporen roest, K-waarde: 3 (zeer goed), licht beigegrijs, Edelmanboor, gereduceerd, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

150

Boring: 08

X: 206905,01
Y: 462671,53
Datum: 7-2-2023
Boormeester: S.1.3e
N.A.P. : 5.796
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 35
GHG: 20
GLG: 80



0 bosgrond

AB-HORIZONT (35)
Klei, stevig, sterk siltig, zwak humeus, matig roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 0.01 (slecht), donker bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

35

BC-HORIZONT (10)
Klei, vast, matig zandig, zwak humeus, M50 (135), sporen Humus, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.05 (matig), lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

45

C-HORIZONT (35)
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, M50 (175), zwak roesthoudend, K-waarde: 2 (goed), lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

80

C-HORIZONT (70)
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, M50 (195), K-waarde: 2 (goed), licht grijsbeige, Edelmanboor, gereduceerd, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

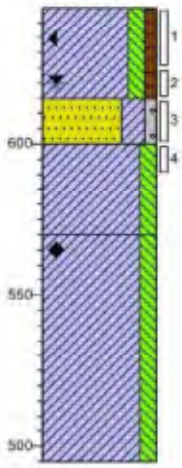
150

Projectcode: PR-22.193

Projectnaam: Onderzoek waterbodem, oppervlaktewater, bodemopbouw, bodemchemie Overmarsch

Boring: 09

X: 206719,29
Y: 462751,23
Datum: 7-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 6.45
Nauwkeurigheid GPS: RTK, floot integers
GWS: 25
GHG: 10
GLG: 80



0 bosgrond

(30) AP-HORIZONT
Klei, matig stevig, matig siltig, zwak humeus, resten wortels, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.01 (slecht), donker bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

30 (15) BC-HORIZONT
Zand, matig grof, stevig, sterk kleiig, zwak grindig, M50 (275), matig roesthoudend, sporen Humus, K-waarde: 2 (goed), donkerbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

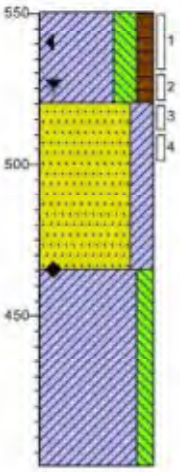
45 (30) C-HORIZONT
Klei, matig stevig, matig siltig, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.05 (slecht), donkerbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

75 (75) C-HORIZONT
Klei, stevig, matig siltig, M50 (145), laagjes zand, K-waarde: 0.1 (redelijk), donkergrijs, Edelmanboor, gereduceerd, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal

150

Boring: 10

X: 206840,13
Y: 463220,60
Datum: 8-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 5.505
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 25
GHG: 10
GLG: 85



0 weiland

(30) AP-HORIZONT
Klei, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, M50 (145), matig roesthoudend, sporen zand, resten wortels, K-waarde: 0.05 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, omgewerkt, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

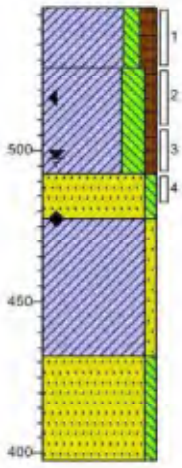
30 (55) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, sterk kleiig, M50 (195), lensjes klei, zwak roesthoudend, K-waarde: 2 (goed), licht grijsbeige, Edelmanboor, scherp, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

85 (65) C-HORIZONT
Klei, matig slap, matig siltig, lensjes zand, K-waarde: 0.05 (slecht), donkergrijs, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal

150

Boring: 11

X: 206935,01
Y: 463290,63
Datum: 8-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 5.475
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 50
GHG: 30
GLG: 70



0 weiland

(20) AP-HORIZONT
Klei, matig stevig, matig siltig, matig humeus, resten wortels, resten roest, sporen zand, K-waarde: 0.05 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

20 (35) BC-HORIZONT
Klei, stevig, sterk siltig, zwak humeus, sporen Humus, matig roesthoudend, laagjes zand, K-waarde: 0.2 (redelijk), licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, humusinspoeling

55 (15) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, zwak siltig, M50 (195), sporen roest, K-waarde: 2 (goed), licht grijsbeige, Edelmanboor, scherp, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

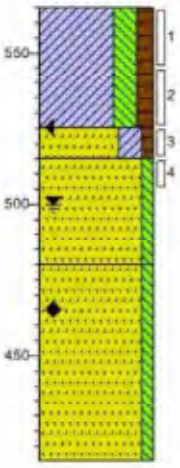
70 (45) C-HORIZONT
Klei, matig stevig, zwak zandig, M50 (165), lensjes klei, lensjes zand, K-waarde: 0.5 (goed), donkergrijs, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal

115 (35) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig slap, zwak siltig, M50 (200), K-waarde: 5 (zeer goed), donkergrijs, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

150

Boring: 12

X: 207090,62
Y: 463380,27
Datum: 8-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 5.652
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 65
GHG: 40
GLG: 100



0 weiland

(40) AP-HORIZONT
Klei, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, M50 (145), sporen roest, zwak wortelhoudend, sporen zand, K-waarde: 0.2 (redelijk), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, bouwvoor

40 (10) 50 BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, sterk kleiig, zwak humeus, M50 (155), sporen roest, sporen Humus, K-waarde: 0.5 (redelijk), licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

85 (65) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, M50 (195), zwak roesthoudend, K-waarde: 3 (zeer goed), licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

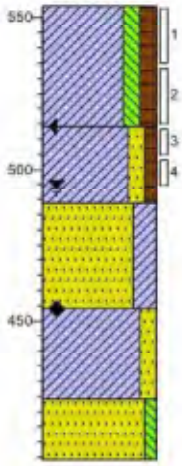
150 C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, M50 (195), sporen roest, K-waarde: 3 (zeer goed), licht beigegrijs, Edelmanboor, gereduceerd, ijzerrijk, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

Projectcode: PR-22.193

Projectnaam: Onderzoek waterbodem, oppervlaktewater, bodemopbouw, bodemchemie Overmarsch

Boring: 13

X: 207265,30
Y: 463399,88
Datum: 8-2-2023
Boormeester: S.T.2e
N.A.P. : 5.541
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 60
GHG: 40
GLG: 100



0 weiland

(40) AP-HORIZONT
Klei, vast, matig siltig, matig humeus, zwak roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 0.01 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

40 (25) BC-HORIZONT
Klei, matig stevig, matig zandig, zwak humeus, M50 (145), zwak roesthoudend, sporen Humus, lensjes klei, lensjes zand, K-waarde: 0.2 (matig), lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, humusinspoeling

65 (35) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig slap, sterk kleiig, M50 (155), matig roesthoudend, lensjes klei, lensjes zand, K-waarde: 1 (redelijk), lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

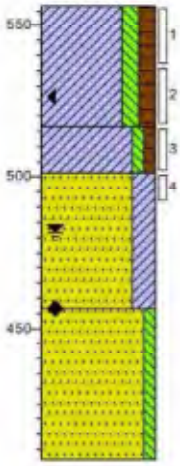
100 (30) C-HORIZONT
Klei, matig slap, matig zandig, M50 (145), lensjes klei, lensjes zand, K-waarde: 2 (redelijk), donkergrijs, Edelmanboor, gereduceerd, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal

130 (20) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig slap, zwak siltig, M50 (155), K-waarde: 3 (goed), donkergrijs, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

150

Boring: 14

X: 207438,90
Y: 463382,08
Datum: 8-2-2023
Boormeester: S.T.2e
N.A.P. : 5.565
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 75
GHG: 30
GLG: 100



0 weiland

(40) AP-HORIZONT
Klei, vast, matig siltig, matig humeus, resten wortels, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.01 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, bouwvoor

40 (15) BC-HORIZONT
Klei, vast, zwak siltig, zwak humeus, zwak roesthoudend, sporen Humus, K-waarde: 0.01, licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

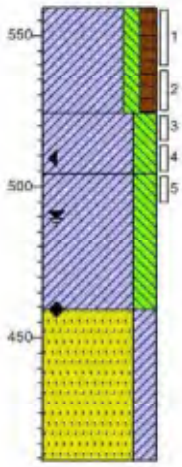
55 (45) C-HORIZONT
Zand, zeer fijn, vast, sterk kleiig, M50 (140), lensjes klei, lensjes zand, resten plantenresten niet-houtig, sporen roest, K-waarde: 0.05 (matig), licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

100 (50) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig slap, zwak siltig, M50 (155), lensjes klei, K-waarde: 1 (redelijk), donkergrijs, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

150

Boring: 15

X: 207624,34
Y: 463344,85
Datum: 8-2-2023
Boormeester: S.T.2e
N.A.P. : 5.592
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 70
GHG: 50
GLG: 100



0 weiland

(35) AP-HORIZONT
Klei, vast, matig siltig, matig humeus, zwak roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 0.01 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

35 (20) BC-HORIZONT
Klei, stevig, sterk siltig, M50 (145), zwak roesthoudend, lensjes klei, lensjes zand, sporen Humus, K-waarde: 0.05, licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, humusinspoeling

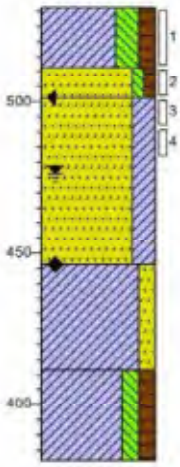
55 (45) C-HORIZONT
Klei, vast, sterk siltig, M50 (145), zwak roesthoudend, lensjes klei, lensjes zand, K-waarde: 0.05 (matig), licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

100 (50) C-HORIZONT
Zand, zeer fijn, vast, sterk kleiig, M50 (145), lensjes klei, K-waarde: 0.5 (redelijk), donkergrijs, Edelmanboor, gereduceerd, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal

150

Boring: 16

X: 207666,11
Y: 463460,07
Datum: 8-2-2023
Boormeester: S.T.2e
N.A.P. : 5.313
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 55
GHG: 30
GLG: 85



0 weiland

(20) AP-HORIZONT
Klei, stevig, sterk siltig, matig humeus, M50 (145), matig roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 0.05 (slecht), donker roestbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

20 (10) 30 BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, stevig, zwak siltig, zwak humeus, M50 (155), zwak roesthoudend, sporen Humus, K-waarde: 0.3 (redelijk), donker bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

85 (35) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig slap, sterk kleiig, M50 (175), zwak roesthoudend, lensjes klei, K-waarde: 1 (redelijk), lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, Rommelig

120 (30) C-HORIZONT
Klei, matig slap, matig zandig, M50 (145), lensjes klei, lensjes zand, K-waarde: 0.5 (redelijk), donkergrijs, Edelmanboor, rommelig gereduceerd, scherp, heterogeen, Rommelig

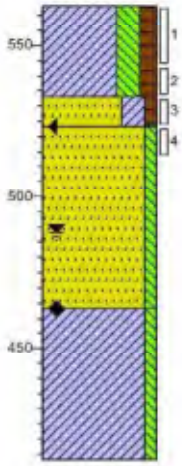
150 C-HORIZONT
Klei, matig slap, matig siltig, matig humeus, resten plantenresten niet-houtig, sporen zand, K-waarde: 0.05 (slecht), donkergrijs, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, Rommelig

Projectcode: PR-22.193

Projectnaam: Onderzoek waterbodem, oppervlaktewater, bodemopbouw, bodemchemie Overmarsch

Boring: 17

X: 207781,97
Y: 463360,90
Datum: 8-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 5.631
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 75
GHG: 40
GLG: 100



0 weiland

(30) AP-HORIZONT
Klei, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, M50 (150), zwak roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 0.1 (matig), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

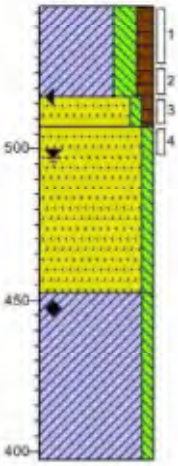
30 (10) 40 BC-HORIZONT
Zand, zeer fijn, vast, sterk kleiig, zwak humeus, M50 (145), sporen roest, sporen Humus, K-waarde: 1 (redelijk), lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

(60) 100 C-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, zwak siltig, M50 (155), lensjes klei, zwak roesthoudend, K-waarde: 1.5 (redelijk), lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

(50) 150 C-HORIZONT
Klei, matig slap, zwak siltig, K-waarde: 0.01 (slecht), licht grijsblauw, Edelmanboor, gereduceerd , geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

Boring: 18

X: 207956,94
Y: 463309,99
Datum: 8-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 5.472
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 50
GHG: 30
GLG: 100



0 weiland

(30) AP-HORIZONT
Klei, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, M50 (145), zwak roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 0.1 (matig), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

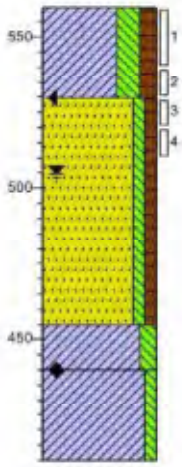
30 (10) 40 BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (175), sporen Humus, sporen roest, K-waarde: 1 (goed), lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

(50) 90 C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, M50 (175), zwak roesthoudend, K-waarde: 2 (goed), lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

(60) 150 C-HORIZONT
Klei, slap, zwak siltig, sporen plantenresten niet-houtig, K-waarde: 0.05 (slecht), licht grijsblauw, Edelmanboor, gereduceerd, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

Boring: 19

X: 208091,59
Y: 463229,86
Datum: 8-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 5.598
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 55
GHG: 30
GLG: 120



0 weiland

(30) AP-HORIZONT
Klei, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, M50 (145), sporen zand, sporen roest, resten wortels, K-waarde: 0.1 (matig), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

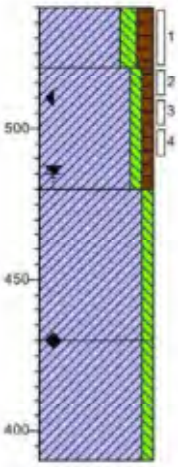
30 BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (175), sporen Humus, zwak roesthoudend, K-waarde: 2 (goed), lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

105 (15) 120 C-HORIZONT
Klei, matig slap, matig siltig, zwak roesthoudend, lensjes zand, K-waarde: 0.5 (redelijk), licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

(30) 150 C-HORIZONT
Klei, matig slap, zwak siltig, K-waarde: 0.01 (slecht), licht grijsblauw, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

Boring: 20

X: 208265,55
Y: 463138,82
Datum: 8-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 5.401
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 55
GHG: 30
GLG: 110



0 weiland

(20) AP-HORIZONT
Klei, vast, matig siltig, matig humeus, resten wortels, sporen roest, K-waarde: 0.01 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

20 (40) BC-HORIZONT
Klei, stijf, zwak siltig, zwak humeus, matig roesthoudend, sporen Humus, K-waarde: 0.01, donker bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

60 (50) C-HORIZONT
Klei, matig stevig, zwak siltig, matig roesthoudend, K-waarde: 0.05 (slecht), lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

110 (40) C-HORIZONT
Klei, matig slap, zwak siltig, sporen schelpen, K-waarde: 0.05 (slecht), licht grijsblauw, Edelmanboor, gereduceerd, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal

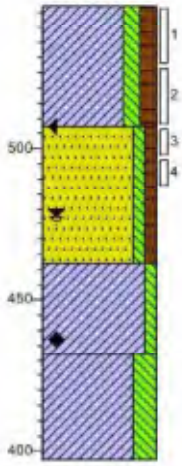
150

Projectcode: PR-22.193

Projectnaam: Onderzoek waterbodem, oppervlaktewater, bodemopbouw, bodemchemie Overmarsch

Boring: 21

X: 208274,98
Y: 463018,84
Datum: 8-2-2023
Boormeester: S.L.2e
N.A.P. : 5.471
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 70
GHG: 40
GLG: 110



0 weiland

(40) AP-HORIZONT
Klei, matig stevig, matig siltig, matig humeus, resten wortels, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.05 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

40 BC-HORIZONT
(45) Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (165), sporen Humus, sporen roest, K-waarde: 1 (goed), licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

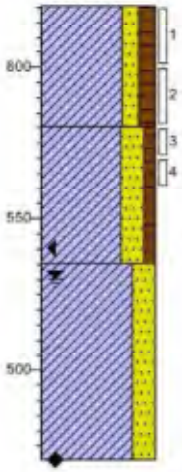
85 C-HORIZONT
(30) Klei, matig slap, zwak siltig, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.01 (slecht), licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

115 C-HORIZONT
(35) Klei, matig slap, sterk siltig, lensjes zand, K-waarde: 0.05 (slecht), donkergrijs, Edelmanboor, gereduceerd, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal

150

Boring: 22

X: 209087,91
Y: 462898,90
Datum: 8-2-2023
Boormeester: S.L.2e
N.A.P. : 5.205
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 90
GHG: 80
GLG: 150



0 weiland

(40) AP-HORIZONT
Klei, matig stevig, matig zandig, matig humeus, M50 (150), resten wortels, K-waarde: 0.3 (redelijk), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

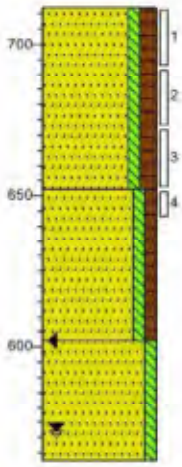
40 BC-HORIZONT
(45) Klei, matig stevig, sterk zandig, zwak humeus, M50 (150), sporen Humus, K-waarde: 0.5, licht bruinbeige, Edelmanboor, ingespoeld,vaag pakket, geleidelijk, homogeen, humusinspoeling

85 C-HORIZONT
(65) Klei, matig slap, sterk zandig, M50 (165), matig roesthoudend, laagjes klei, K-waarde: 0.5 (redelijk), lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

150

Boring: 23

X: 208848,80
Y: 462950,72
Datum: 8-2-2023
Boormeester: S.L.2e
N.A.P. : 7.123
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 140
GHG: 110



0 weiland

(60) AAN-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, zwak siltig, matig humeus, M50 (150), resten wortels, K-waarde: 0.3 (redelijk), donkerbruin, Edelmanboor, dik pakket, geleidelijk, homogeen, bodem

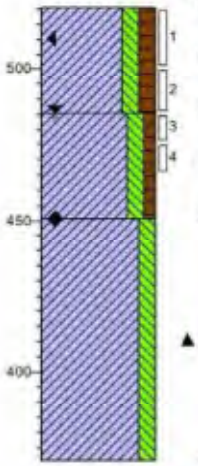
80 BC-HORIZONT
(50) Zand, matig fijn, matig stevig, zwak siltig, zwak humeus, M50 (150), sporen Humus, K-waarde: 1 (goed), licht bruinbeige, Edelmanboor, ingespoeld pakket dekzand, geleidelijk, homogeen, humusinspoeling

110 C-HORIZONT
(40) Zand, matig fijn, matig stevig, zwak siltig, M50 (150), sporen roest, K-waarde: 1 (goed), licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

150

Boring: 24

X: 208761,31
Y: 462836,84
Datum: 8-2-2023
Boormeester: S.L.2e
N.A.P. : 5.206
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 35
GHG: 10
GLG: 70



0 weiland

(35) AP-HORIZONT
Klei, matig stevig, matig siltig, matig humeus, zwak roesthoudend, resten wortels, zwak kleihoudend, K-waarde: 0.05 (slecht), donker grijsbruin, Edelmanboor, omgewerkt, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

35 BC-HORIZONT
(35) Klei, vast, matig siltig, zwak humeus, sporen Humus, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.01 (slecht), licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

70 C-HORIZONT
(80) Klei, stevig, matig siltig, matig roesthoudend, sporen (zeroer, K-waarde: 0.2 (matig), licht grijsbeige, Edelmanboor, egaal poreus korrelig klei, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

150

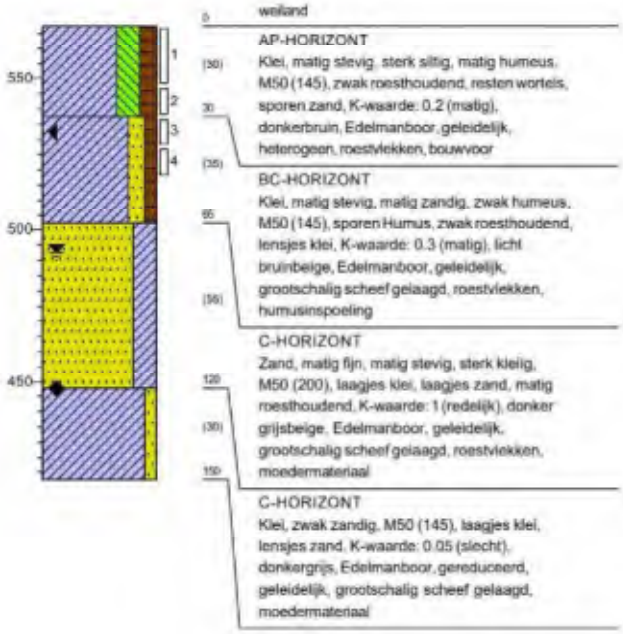
Projectcode: PR-22.193

Projectnaam: Onderzoek waterbodem, oppervlaktewater, bodemopbouw, bodemchemie Overmarsch

ATKB

Boring: 25

X:	208616,58
Y:	463049,88
Datum:	8-2-2023
Boormeester:	5.1.2e
N.A.P. :	5,675
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	75
GHG:	35
GLG:	120



0 weiland

(30) AP-HORIZONT
Klei, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, M50 (145), zwak roesthoudend, resten wortels, sporen zand, K-waarde: 0.2 (matig), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

30

(35) BC-HORIZONT
Klei, matig stevig, matig zandig, zwak humeus, M50 (145), sporen Humus, zwak roesthoudend, lensjes klei, K-waarde: 0.3 (matig), licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, humusinspoeling

65

(55) C-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, sterk kleiig, M50 (200), laagjes klei, laagjes zand, matig roesthoudend, K-waarde: 1 (redelijk), donker grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

120

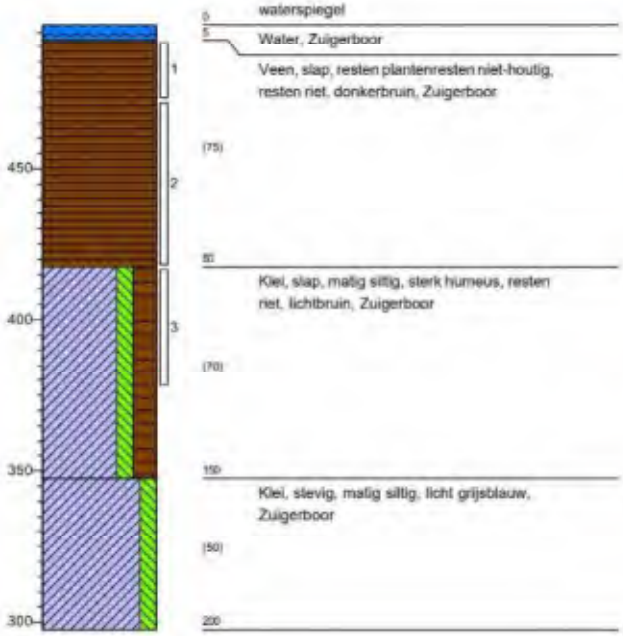
(30) C-HORIZONT
Klei, zwak zandig, M50 (145), laagjes klei, lensjes zand, K-waarde: 0.05 (slecht), donkergrijs, Edelmanboor, gereduceerd, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal

150

ATKB

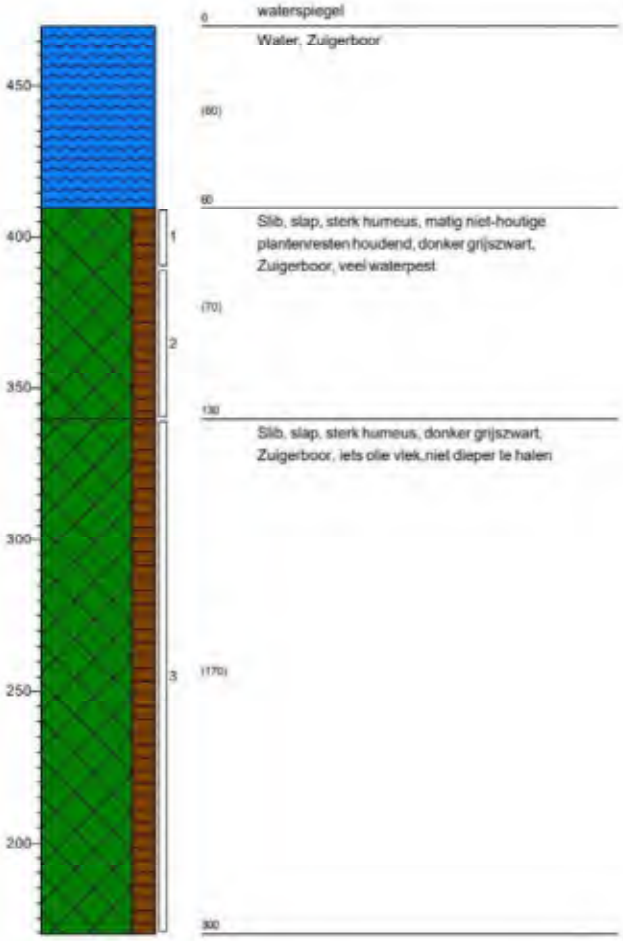
Boring: 101

X: 206752,51
Y: 462271,44
Datum: 7-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 4.975
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



Boring: 102

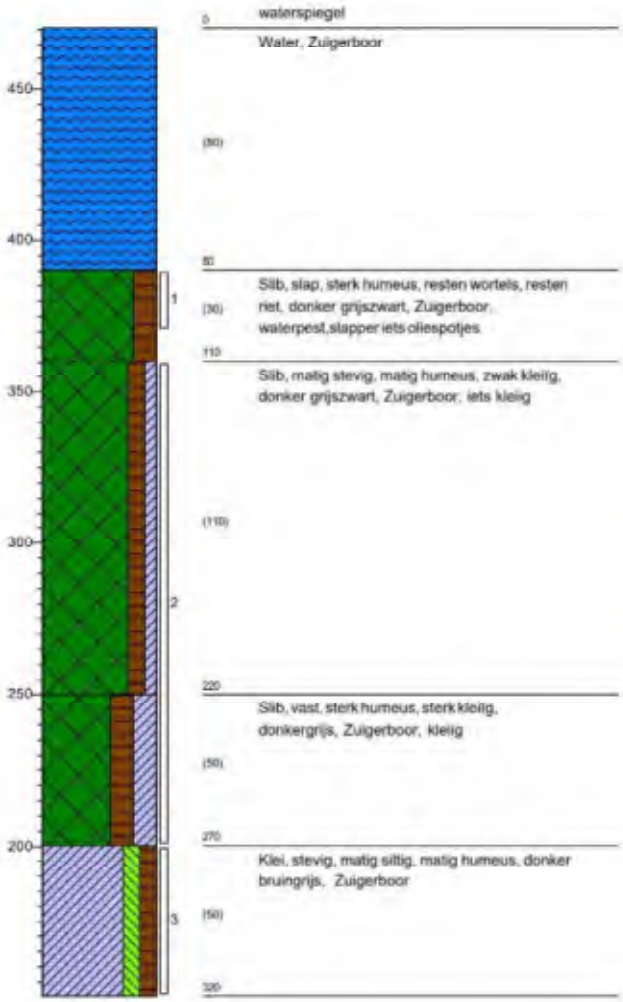
X: 206577,53
Y: 462686,50
Datum: 7-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 4.7
Nauwkeurigheid GPS: RTK, float integers



ATKB

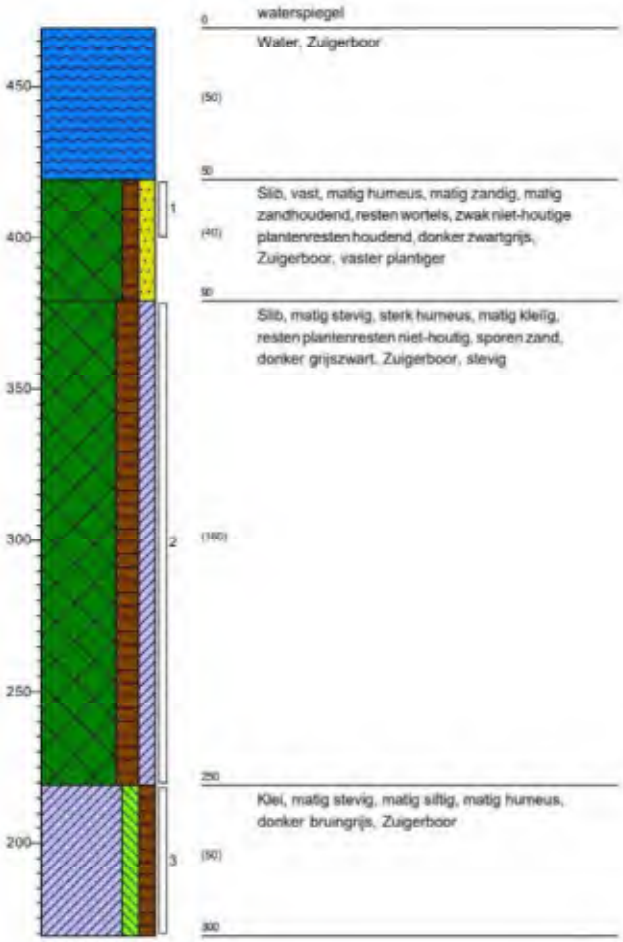
Boring: 103

X: 206623,23
Y: 463001,78
Datum: 6-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 4.704
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



Boring: 104

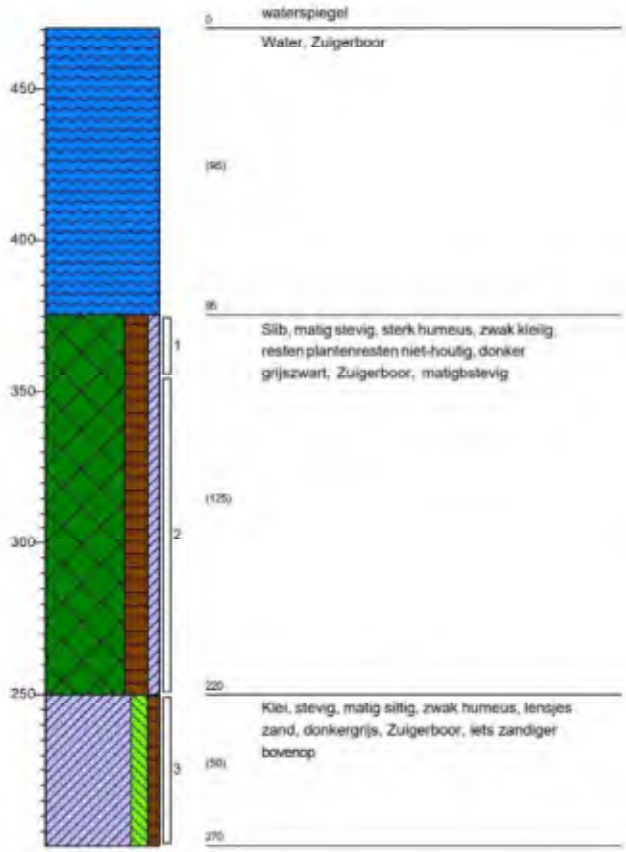
X: 206625,95
Y: 463117,93
Datum: 6-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 4.694
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



ATKB

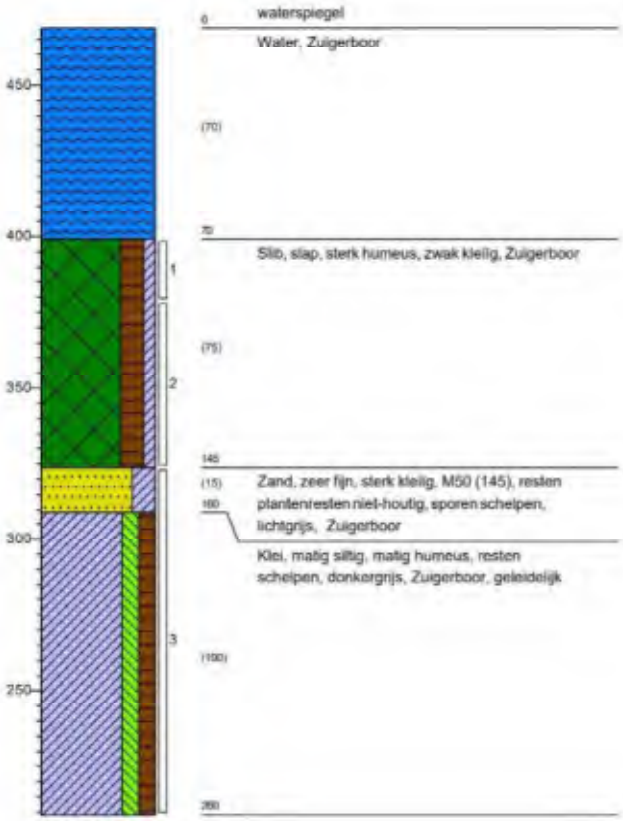
Boring: 105

X: 206715,68
Y: 463323,35
Datum: 6-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 4.704
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



Boring: 106

X: 206946,31
Y: 463506,58
Datum: 6-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 4.691
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



Projectcode: PR-22.193

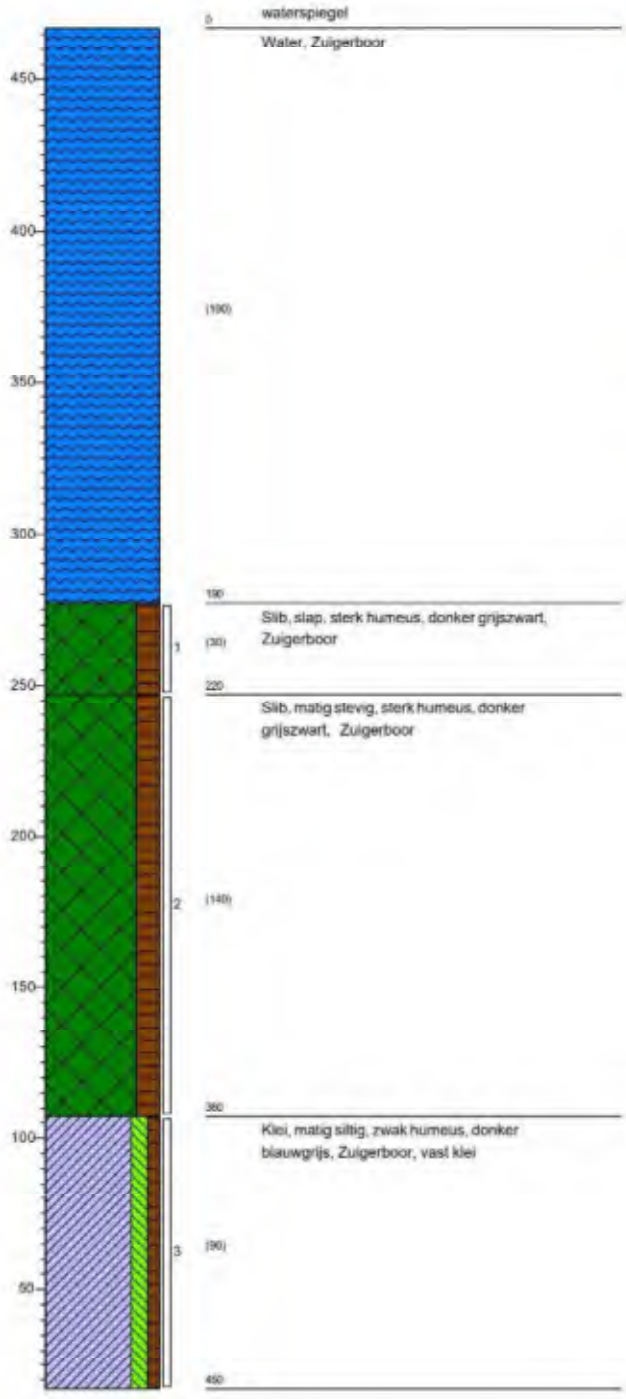
Projectnaam: Onderzoek waterbodem, oppervlaktewater, bodemopbouw, bodemchemie Overmarsch

ATKB

Boring: 107

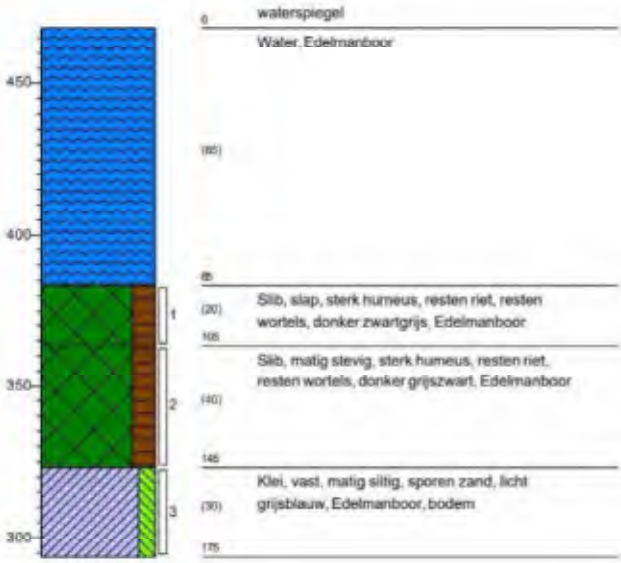
X: 207205,69
Y: 463547,13
Datum: 6-2-2023

N.A.P. : 4.671
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



Boring: 108

X: 207777,49
Y: 463546,06
Datum: 6-2-2023
Boormeester: S.1 2e
N.A.P. : 4.684
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



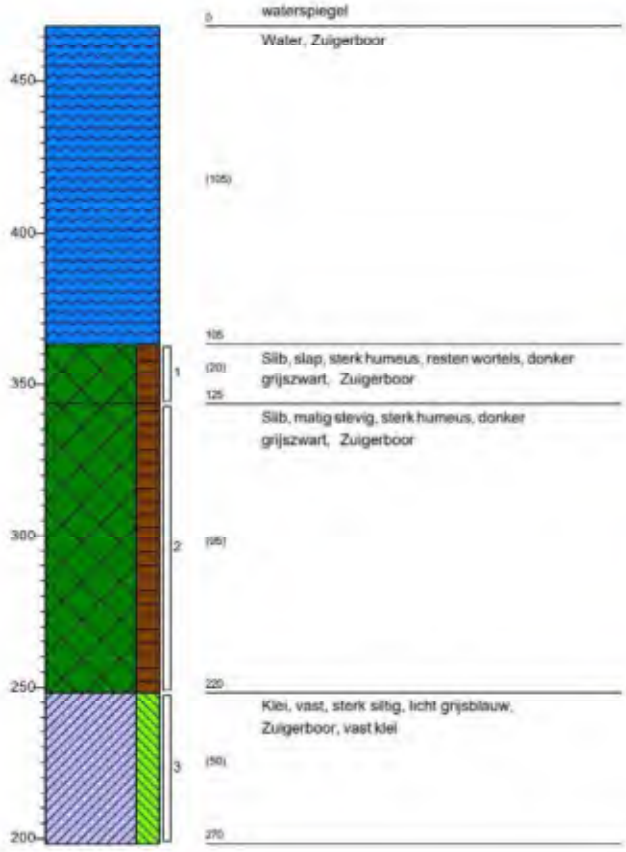
Projectcode: PR-22.193

Projectnaam: Onderzoek waterbodem, oppervlaktewater, bodemopbouw, bodemchemie Overmarsch

ATKB

Boring: 109

X: 208296,52
Y: 463235,45
Datum: 6-2-2023
Boormeester: S.Tze
N.A.P. : 4.684
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



0 waterspiegel
Water, Zuigerboor

(105)

105
(20) Slib, slap, sterk humeus, resten worteis, donker grijszwart, Zuigerboor
125

Slib, matig stevig, sterk humeus, donker grijszwart, Zuigerboor

(95)

220

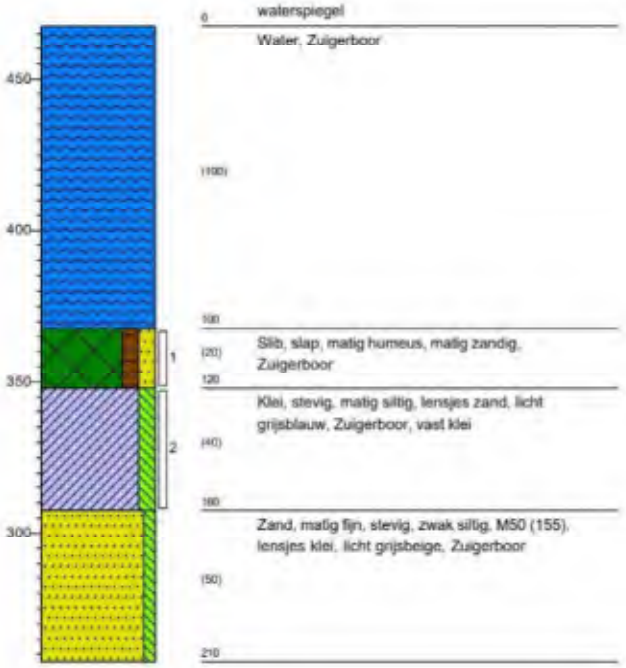
Klei, vast, sterk siltig, licht grijsblauw, Zuigerboor, vast klei

(50)

270

Boring: 110

X: 206656,64
Y: 462624,97
Datum: 7-2-2023
Boormeester: S.Tze
N.A.P. : 4.676
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



0 waterspiegel
Water, Zuigerboor

(100)

100
(20) Slib, slap, matig humeus, matig zandig, Zuigerboor
120

Klei, stevig, matig siltig, lensjes zand, licht grijsblauw, Zuigerboor, vast klei

(40)

160

Zand, matig fijn, stevig, zwak siltig, M50 (155), lensjes klei, licht grijsbeige, Zuigerboor

(50)

210

Projectcode: PR-22.193

Projectnaam: Onderzoek waterbodem, oppervlaktewater, bodemopbouw, bodemchemie Overmarsch

ATKB

Boring: **111**

X: 206862,00
Y: 462165,00

Boring: **112**

X: 206647,87
Y: 462443,13
Datum: 7-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 4.929
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

0

450

400

350

300

0		waterspiegel
(20)		Water, Zuigerboor
20		
		Slib, slap, sterk humeus, resten plantenresten niet-houtig, donker grijszwart, Zuigerboor
(65)		
85		
		Klei, matig stevig, matig siltig, lensjes zand, licht grijsblauw, Zuigerboor, grootschalig scheef gelaagd
(115)		
200		

Projectcode: PR-22.193

Projectnaam: Onderzoek waterbodem, oppervlaktewater, bodemopbouw, bodemchemie Overmarsch

ATKB

Boring: **113**

X: 206583,00
Y: 462533,00

0 0

Boring: **114**

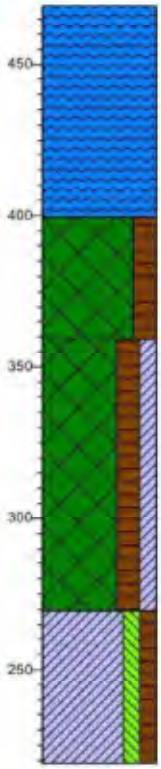
X: 206606,00
Y: 462823,00

0 0

ATKB

Boring: 115

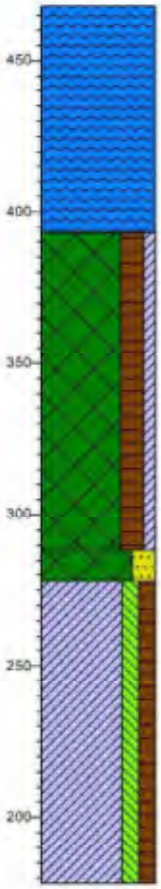
X: 206638,56
Y: 463076,71
Datum: 6-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 4.694
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



0 waterspiegel
Water, Zuigerboor
(70)
70
Slib, slap, sterk humeus, resten wortels, resten riet, donker grijszwart, Zuigerboor
(40)
110
Slib, matig stevig, sterk humeus, matig kleiig, donker zwartgrijs, Zuigerboor, kleiiger
(90)
200
Klei, stevig, matig siltig, matig humeus, donker grijsblauw, Zuigerboor, vast klei
(50)
250

Boring: 116

X: 206806,67
Y: 463407,21
Datum: 6-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 4.681
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

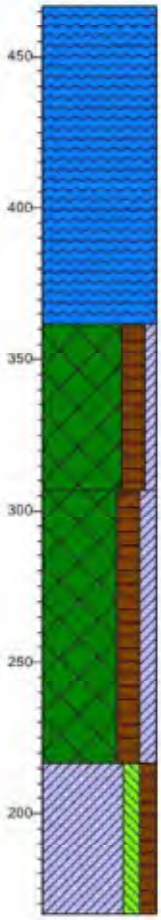


0 waterspiegel
Water, Zuigerboor
(75)
75
Slib, slap, sterk humeus, zwak kleiig, donker grijszwart, Zuigerboor
(105)
180
(10)
190
Slib, vast, sterk zandig, lichtgrijs, Zuigerboor
Klei, matig siltig, matig humeus, donkergrijs, Zuigerboor
(100)
290

ATKB

Boring: 117

X:	207028,97
Y:	463537,17
Datum:	6-2-2023
Boormeester:	S.T.Ze
N.A.P. :	4.668
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



0 waterspiegel

Water, Zuigerboor

(105)

105 Slib, slap, sterk humeus, zwak kleilig, sporen plantenresten niet-houtig, grijszwart, Zuigerboor

(55)

160 Slib, matig stevig, sterk humeus, matig kleilig, sporen plantenresten niet-houtig, licht zwartgrijs, Zuigerboor

(90)

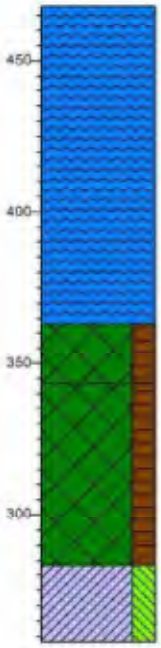
250 Klei, stevig, matig siltig, matig humeus, lichtgrijs, Zuigerboor

(50)

300

Boring: 118

X:	207505,29
Y:	463539,20
Datum:	6-2-2023
Boormeester:	S.T.Ze
N.A.P. :	4.681
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



0 waterspiegel

Water, Zuigerboor

(105)

105 Slib, slap, sterk humeus, resten riet, donkerzwart, Zuigerboor

(20)

125 Slib, matig stevig, sterk humeus, resten wortels, resten riet, donker grijszwart, Zuigerboor

(60)

185 Klei, vast, sterk siltig, licht grijsblauw, Zuigerboor, vast klei

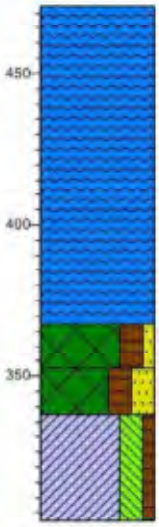
(25)

210

ATKB

Boring: 119

X:	207977,73
Y:	463450,94
Datum:	6-2-2023
Boormeester:	S.J.de
N.A.P. :	4.725
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



0 waterspiegel

Water, Edelmanboor

(105)

105

(15) Slib, slap, sterk humeus, zwak zandig, zwak zandhoudend, resten riet, resten wortels,

120 Zuigerboor

(15)

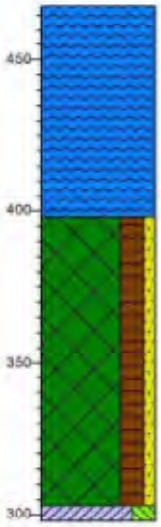
135 Slib, sterk humeus, sterk zandig, resten riet, resten wortels, matig zandhoudend, Zuigerboor

(35) Klei, vast, sterk siltig, zwak humeus, lensjes zand, licht grijsblauw, Zuigerboor, vast bodem

170

Boring: 120

X:	208158,38
Y:	463309,47
Datum:	6-2-2023
Boormeester:	S.J.de
N.A.P. :	4.68
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



0 waterspiegel

Water, Zuigerboor

(70)

70

Slib, matig stevig, sterk humeus, zwak zandig, resten riet, resten wortels, donker grijszwart, Zuigerboor, matig slap egaal slib

(95)

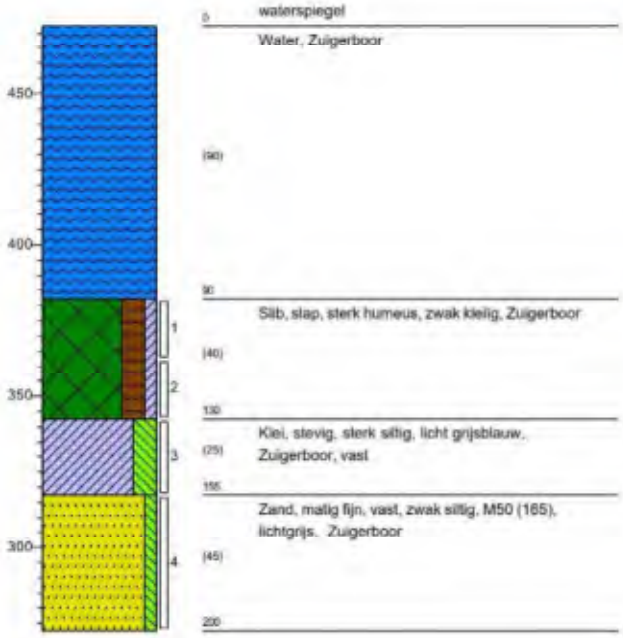
165

170 Klei, stevig, sterk siltig, lensjes zand, licht grijsblauw, Zuigerboor, zandlaagje op klei, geleidelijk, homogeen

ATKB

Boring: 121

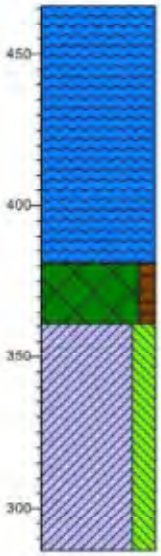
X: 206664,86
Y: 462929,16
Datum: 7-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 4.725
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



0 waterspiegel
Water, Zuigerboor
(90)
90
Slib, slap, sterk humeus, zwak kleiig, Zuigerboor
(40)
130
Klei, stevig, sterk siltig, licht grijsblauw, Zuigerboor, vast
(25)
155
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, M50 (165), lichtgrijs. Zuigerboor
(45)
200

Boring: 122

X: 206723,06
Y: 462374,25
Datum: 7-2-2023
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 4.661
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

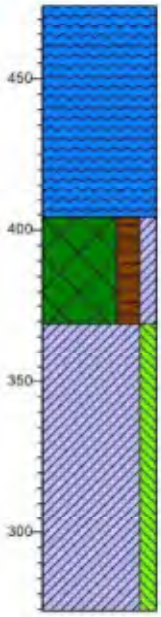


0 waterspiegel
Water, Zuigerboor
(65)
65
Slib, slap, matig humeus, resten zand, donker zwartgrijs, Zuigerboor, zeer slap bovenop
(20)
105
Klei, sterk siltig, lensjes zand, donkergrijs, Zuigerboor, grootschalig scheef gelaagd
(75)
180

ATKB

Boring: 123

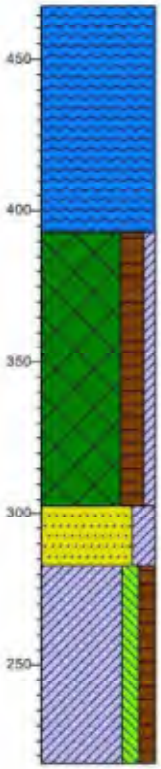
X:	207072,76
Y:	462116,20
Datum:	7-2-2023
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	4.742
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



0 waterspiegel
Water, Zuigerboor
(70)
70
Slib, matig stevig, sterk humeus, matig kleiig, lensjes klei, donker zwartgrijs, Zuigerboor
(36)
106
C-HORIZONT
Klei, stevig, matig siltig, lensjes zand, K-waarde: 0.05, licht grijsblauw, Zuigerboor, egaal zandig vet klei, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal
(95)
200

Boring: 124

X:	206767,84
Y:	463373,60
Datum:	6-2-2023
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	4.679
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



0 waterspiegel
Water, Zuigerboor
(75)
75
Slib, matig stevig, sterk humeus, zwak kleiig, Zuigerboor
(90)
165
(20)
Zand, vasl, sterk kleiig, resten schelpen, lichtgrijs, Zuigerboor
185
Klei, matig siltig, matig humeus, sporen schelpen, donkergrijs, Zuigerboor
(65)
250

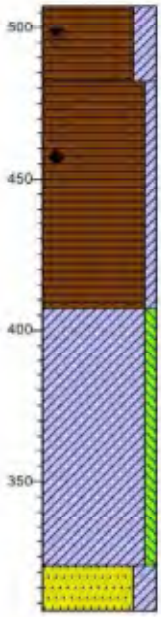
Projectcode: PR-22.193

Projectnaam: Onderzoek waterbodem, oppervlaktewater, bodemopbouw, bodemchemie Overmarsch

ATKB

Boring: 125

X:	207119,76
Y:	462034,13
Datum:	7-2-2023
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	5.071
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	10
GHG:	0
GLG:	50



0 braak

(25) AP-HORIZONT
Veen, matig slap, sterk kleiig, matig wortelhoudend, sporen roest, K-waarde: slecht, donkerbruin, Zuigerboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, rietveen, matig veraard, bouwvoor

25

(75) C-HORIZONT
Veen, matig slap, zwak kleiig, resten riet, K-waarde: 0.05 (slecht), donker grijsbruin, Zuigerboor, geleidelijk, homogeen, rietveen, matig amorf, veraard veen

100

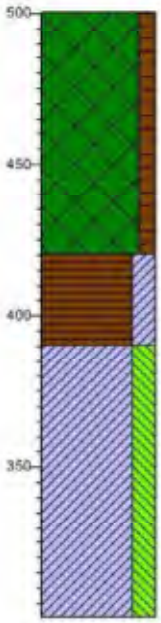
(55) C-HORIZONT
Klei, matig slap, zwak siltig, K-waarde: 0.05 (slecht), licht grijsblauw, Zuigerboor, egaal komklei, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

155

(15) C-HORIZONT
200 Zand, zeer fijn, vast, sterk kleiig, M50 (145), lensjes klei, K-waarde: 1 (goed), donkergrijs, Zuigerboor, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

Boring: 126

X:	207008,99
Y:	462123,95
Datum:	7-2-2023
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	5.004
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	0
GHG:	0



0 waterspiegel

Slib, slap, matig humeus, resten plantenresten niet-houtig, donker grijsbruin, Zuigerboor, uiterst slap waterig

(80)

80

(30) Veen, zeer slap, sterk kleiig, resten plantenresten niet-houtig, donker bruingrijs, Zuigerboor, bodem

110

Klei, sterk siltig, lensjes zand, brokken klei, resten wortels, licht grijsblauw, Zuigerboor, rommelig,slootdemping

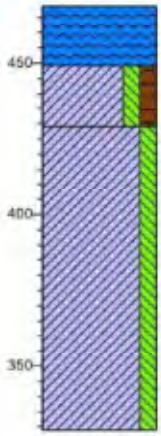
(90)

200

ATKB

Boring: 127

X:	208122,88
Y:	463409,36
Datum:	6-2-2023
Boormeester:	S.T.Ze
N.A.P. :	4.69
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



0 waterspiegel

(20) Water, Zuigerboor

20

(20) AP-HORIZONT
Klei, stevig, matig siltig, matig humeus, resten wortels, zwak roesthoudend, donker grijsbruin, Zuigerboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

40 C-HORIZONT
Klei, matig slap, matig siltig, licht grijsblauw, Zuigerboor, egaal komklei, moedermateriaal

(100)

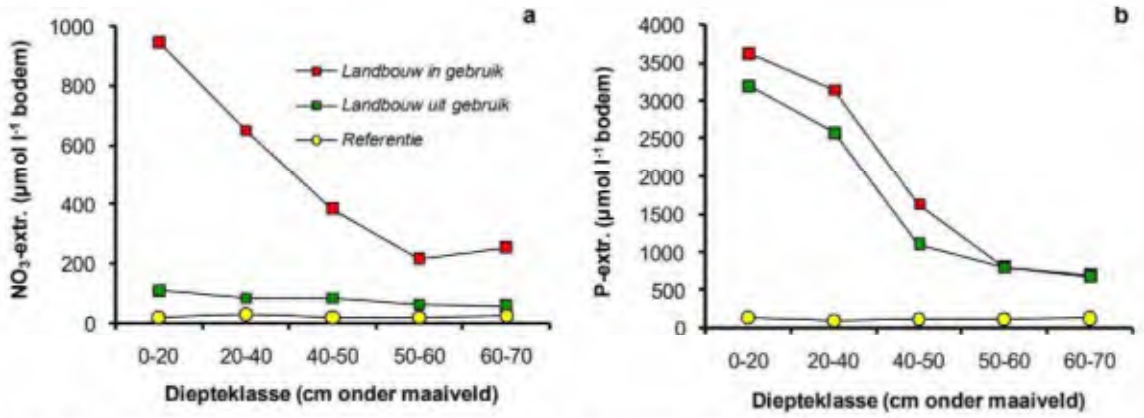
140

8.2 Bijlage 2 - Natuurontwikkeling op landbouwgronden

7.2.1 Natuurontwikkeling: belang van fosfaat

De kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de beschikbaarheid van nutriënten als fosfor (P) en stikstof (N). Stikstoflimitatie is moeilijk te bereiken vanwege de hoge stikstofdepositie in Nederland en ook omdat onder relatief stikstofarme omstandigheden stikstofbindende soorten zich sterk uitbreiden. Het is daarom van belang om te sturen op fosforlimitatie.

Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Figuur 33; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006). Fosfor daarentegen wordt sterk in de bodem gebonden en de fosforbeschikbaarheid neemt na beëindiging van het agrarische gebruik niet sterk af (Figuur 33; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Het is daarom van belang om met maatregelen de beschikbaarheid van fosfor in de bodem te reduceren.



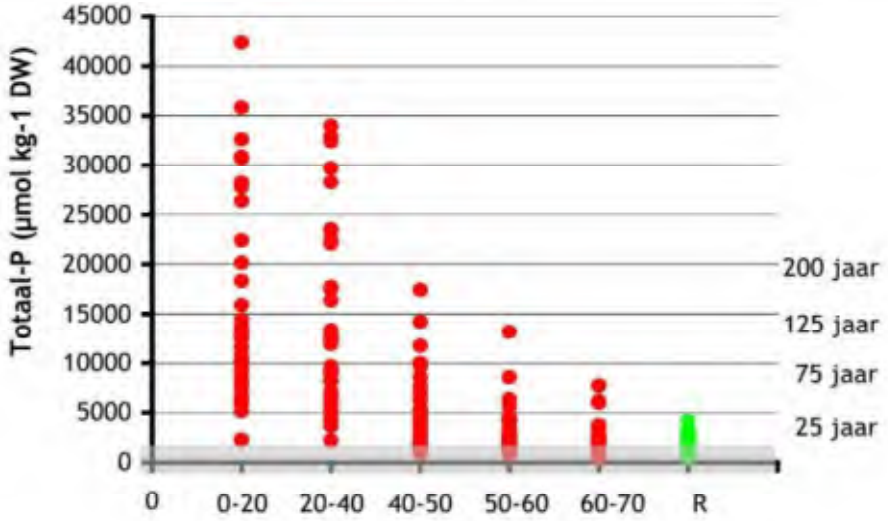
Figuur 34. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de bodem niet meer in landbouwkundig gebruik is doordat het uitspoelt naar het grondwater of wordt gedenitrificeerd. Het sterk in de bodem gebonden (immobiele) fosfaat verdwijnt echter niet op een natuurlijke wijze uit de bodem. Bron: Lamers e.a. (2009).

In tegenstelling tot stikstof neemt de fosforbeschikbaarheid niet door uitspoeling sterk af. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde uitgangssituatie te krijgen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd) (Figuur 33; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag meestal onontkoombaar. Hierbij is het belangrijk om vast te stellen tot hoe diep ontgrond moet worden om een voldoende P-arme uitgangssituatie te creëren. Dit kan door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten (Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; van Mullekom e.a., 2013).

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders e.a., 2006). In de bodem zorgen geoxideerde ijzerverbindingen (ijzer(hydr)oxiden; roest) in belangrijke mate voor de vastlegging van fosfaat. Onder natte condities kan er geen zuurstof meer in de bodem doordringen waardoor

60228 0017

geoxideerde ijzerverbindingen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen.



Figuur 35. Totaal-P concentraties in verschillende voormalige landbouwgronden (rood) en referentiegebieden (R, groen). Op de X-as wordt de diepte in cm weergegeven waarop de monsters zijn genomen. Het grijze gebied geeft de streefwaarde van 2500 µmol totaal-P per kilogram droge bodem. Rechts wordt het aantal jaren gegeven dat nodig is om de totaal-P waarden te laten dalen tot deze referentiewaarde door middel van maaien en afvoeren, aannemende dat er 10 kg P per hectare per jaar kan worden afgevoerd. Bron: Smolders e.a. (2006).

7.2.2 Verschralingsmaatregelen bij natuurontwikkeling

Verschraling (limitatie van voedingsstoffen) op voormalige landbouwgronden kan op verschillende manieren bereikt worden. De verschillende gangbare methoden worden in de volgende alinea's beknopt toegelicht en kunnen met elkaar gecombineerd worden:

Extensieve begrazing

Bij extensieve begrazing worden nutriënten opgenomen door grazers. Via mest en urine komen ze dan elders weer vrij. Probleem hiervan is echter dat dit vooral leidt tot herverdeling van nutriënten binnen het gebied en veel minder tot de afvoer van nutriënten. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*), niet of weinig gegeten, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009).

Intensief beheer met maaien en afvoeren

Intensief beheer in de vorm van maaien en afvoeren levert in veel gevallen voldoende resultaat op om de bestaande (gewenste) vegetaties in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal worden afgevoerd, waardoor ze uit het systeem worden onttrokken (Smolders e.a., 2006). Echter, bij landbouwgronden, die intensief zijn bemest, is deze vorm van beheer niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem snel te verlagen. Het kan vele jaren duren, bij sterk bemeste percelen vaak tot 200 jaar, voordat zoveel nutriënten zijn verwijderd dat er sprake is van een voedselarme bodem (Figuur 34, Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005).

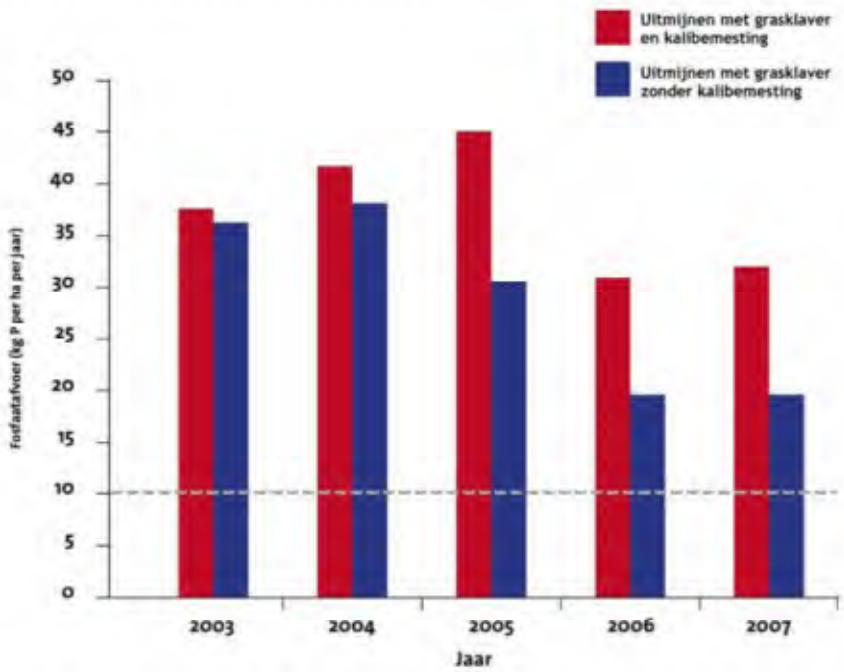
De verschralingsduur voor maaien en afvoeren is in deze rapportage berekend op basis van het verschil tussen de actuele totaal-P concentratie en de totaal-P streefconcentratie, uitgaande van

een P-afvoer van 10 kg hectare per jaar (Chardon, 2008). De streefconcentratie voor totaal-P is hierbij niet op een standaardwaarde vastgesteld, maar berekend aan de hand van de streefwaarde voor Olsen-P en de actuele beschikbare P-fractie (Olsen-P/totaal-P-ratio). Stel dat de actuele P-fractie 0,1 is (10% van het totaal-P is beschikbaar P), dan is bij een streefwaarde van 500 µmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ((0,5/10) x 100). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem de actuele P-fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ((0,5/5) x 100). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschralingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschralingsduur 10-20% lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschraling in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschralingsduur eerder hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschralingsduur. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 2,5 mmol/l Voor uitmijnen kan de verschralingsduur op dezelfde wijze berekend worden, maar dan wordt uitgegaan van een P-afvoer van 40 kg hectare per jaar. Wanneer aanvullend verschralingsbeheer vereist is betekent dit dat er onvoldoende voedselarme condities zijn gecreëerd bij de inrichting. Hierdoor is er een kans op verruiging in de vorm van pitrusontwikkeling onder vochtige tot natte omstandigheden. De verschralingsduur via maaien en afvoeren is 4 keer zo lang als de duur via uitmijnen. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld.

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschraling door middel van een gewas waarvan de productie op peil wordt gehouden door middel van aanvullende bemesting opdat de afvoeren van het doelnutriënt (fosfor) maximaal is. Door middel van het zaaien van grasklaver in combinatie met kalibemesting en een maaibeheer kan fosfaat versneld (40 kg P/ha/jaar: 4x sneller als met maaien en afvoeren) aan de bodem worden onttrokken (Timmermans & van Eekeren, 2012). Klaver houdt met haar stikstofbinding de productie gaande en kalibemesting wordt gebruikt om klaver optimaal te laten groeien. Ook met deze beheersmaatregel duurt het op voormalige landbouwgronden vaak tientallen jaren voordat het gewenste verschralingsniveau is bereikt (van Mullekom e.a., 2013). Het uitmijnen kan versneld worden door het verwijderen van de extreem voedselrijke toplaag.

60228 0017



Figuur 36. Fosfaatafvoer (in kg fosfor per ha per jaar) door uitmijnen met grasklaver (klaver voor het vastleggen van stikstof) en kalibemesting en met grasklaver zonder kalibemesting (start eind 2002). De fosfaatafvoer werd bereikt door het maken van vier tot vijf maaisneden per jaar. Na enkele jaren daalt de afvoer van fosfaat in het deel zonder aanvullende kalibemesting. Stikstof- en kalibronnen zijn nodig voor een hoge fosfaatafvoer. Op de lange termijn is de gemiddelde afvoer bij uitmijnen ongeveer 40 kg fosfor per ha per jaar. Dit komt overeen met circa 90 kg fosforpentoxide (P_2O_5) per ha per jaar. Met jaarlijks eenmalig maaien en afvoeren kan een fosfaatafvoer van ca. 10 kg P per ha per jaar worden bereikt (grijze stippellijn). Bron: Timmermans & van Eekeren (2012; 2016).

Ontgronden

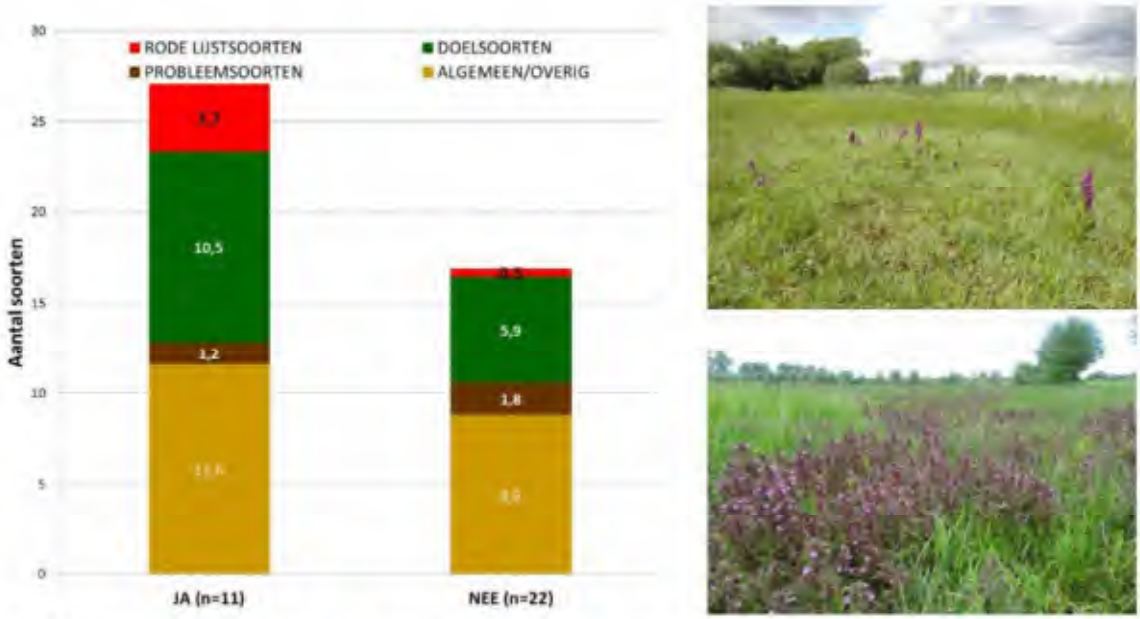
Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (Smolders e.a., 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het fosfaatfront bepaald worden. Dit komt namelijk niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (Smolders e.a., 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem terecht komen. Door middel van ontgronding kan een snelle verschraling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom e.a., 2007; 2013). Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven echter sterk verstoord (zie o.a. Tsiafouli e.a., 2015; Bobbink e.a., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig, zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgronding van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

60228 0017

7.2.3 Aanvullend advies

Herintroductie

Na het verwijderen van de P-verrijkte toplaag is het vaak nodig om nog een aantal jaren aanvullend verschralingbeheer te plegen door middel van maaien en afvoeren. Begrazen houdt het terrein wel open maar leidt nauwelijks of niet tot een verdere verschraling van het terrein. Nadat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd is er vaak nog geen sprake van de gewenste vegetatieontwikkeling. Met name de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over. Door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat nitraat werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (van Mullekom e.a., 2009; 2013).



Figuur 37. Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015. Op 33 locaties zijn vegetatieopnames gemaakt in gebieden waar door middel van ontgronding (minimaal 4 jaar geleden) voedselarme condities zijn gecreëerd op voormalige landbouwgronden ten behoeve van schraallandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel (11 locaties) en geen (22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgronding, heeft plaatsgevonden. De soorten zijn verdeeld over vier klassen: Rode Lijstsoorten, Doelsoorten, Probleemsoorten en Algemene/overige soorten. Bron: Onderzoekcentrum B-WARE. Rechts: Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalland met onder ander Moeraskartelblad, Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blauwe knoop, Vetblad, Heidekartelblad, Gevlekte orchis, Welriekende nachtorchis, Brede orchis en Moeraswespenorchis door middel van het afgraven van de voedselrijke toplaag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's: 5.1.2e.

Wanneer plagsel wordt gebruikt voor herintroductie worden tevens mycorrhiza's (schimmels die planten helpen bij de opname van voedingsstoffen op voedselarme gronden) van de doelsoorten en andere essentiële bodem micro-organismen in het gebied geïntroduceerd (Bobbink e.a., 2016). Zonder introductie van doelsoorten is de kans op vestiging van deze soorten te verwaarlozen indien er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska e.a., 2007). Het herintroduceren van doelsoorten (eventueel één of twee opeenvolgende jaren herhalen zolang de

60228 0017

zode nog niet gesloten is) uit zo lokaal mogelijke bronnen (in verband met de genetische diversiteit en de aanpassing aan lokale omstandigheden) leidt onder de juiste bodemchemische en hydrologische omstandigheden tot een succesvol herstel van ontgronde terreinen (Figuur 36).

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel waarbij idealiter 1 m^2 vers verzameld maaisel over 1(-2) m^2 bodem wordt verspreid. Wanneer dit niet mogelijk is, kan het maaisel in een lagere dichtheid of in kleinere over het gebied verspreide zones worden opgebracht. Wanneer vers plagsel of bodemmateriaal (indicatie dichtheid: 1 m^2 verspreiden over 15-25 m^2) uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhiza schimmels) geïntroduceerd.

Het aanbrengen van maaisel of plagsel op een dichte zode is geen geschikte maatregel door het ontbreken van vestigingsplekken. Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.

Opgemerkt dient te worden dat de lokale ontwikkeling van ruigtes op zichzelf niet nadelig is en zelfs kan bijdragen aan de diversiteit van een gebied. Vlinders, sprinkhanen, vogels en kleine zoogdieren kunnen hiervan profiteren.

Literatuur

Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen (2016) Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad Natuur Bos Landschap* maart: 10-13.

Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.

Klimkowska, A., R. van Diggelen, J.P. Bakker & A.P. Grootjans (2007). Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* **140**: 318-328.

Lamers, L.P.M., E.C.H.E.T. Lucassen, A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2005) Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H_2O* **38** (17): 28-30.

Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs (2009) Verpitrussing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* **110** (1): 43-46.

Mullekom, M. van, A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.

Mullekom, M. van, F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs (2009) Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **6**: 2-7.

Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M. Weijters, H.B.M. Tomassen, R. Bobbink, A.J.P. Smolders (2013) Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* **114**: 120-126.

Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006) De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **3**(4): 5-11.

Smolders, A., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen, & E. Brouwer (2009) Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* **110**: 33-38.

60228 0017

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2012) Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **1**: 12-15.

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2016) Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* **45**: 701-708.

Tsiafouli, M.A., E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C. de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett, M.V. Brady, L. Bjornlund, H.B. Jørgensen, S. Christensen, T. D' Hertefeldt, S. Hotes, W.H.G. Hol, J. Frouz, M. Liiri, S.R. Mortimer, H. Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V. Wolters & K. Hedlund (2015) Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* **21**: 973-985.

60228 0017

RESEARCH CENTRE

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

Verwijderen van fosfaatrijke bovengrond voor herstel van het voormalige 's-Heerenven

Opdrachtgever: Staatsbosbeheer Tilburg

Rapportnummer: RP-20.053.20.69

Auteur: 5.1.2e & 5.1.2e • Datum: 9 juli 2020

Foto: drooggevallen zijkant van de ontwateringssloot door het 's-Heerenven op 28 mei 2020, met o.a. jonge rugstreeppadjes, egelboterbloem, gewone waternavel en knolrus.

Titel rapport: Verwijderen van fosfaatrijke bovengrond voor herstel van het voormalige 's-Heerenven

Opdrachtgever: Staatsbosbeheer, Tilburg

Auteurs: 5.1.2e & 5.1.2e

Rapportnummer: RP-20.053.20.69

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE B.V.
Postbus 6558
6503 GB Nijmegen
Tel: 5.1.2e
5.1.2e @b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen, 2020.

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING	**4**
1.1 Aankoop van een landbouwenclave op de Strabrechtse heide	**4**
1.2 Huidige toestand 's-Heerenven	**4**
1.3 Onderzoeksvragen	**6**
2 VELDWERKZAAMHEDEN & ANALYSEMETHODEN	**8**
2.1 Veldwerkzaamheden	**8**
2.2 Analysemethoden	**9**
3 RESULTATEN	**10**
3.1 Terreinverkenningen	**10**
3.1.1 Geschiedenis	10
3.1.2 Afwatering	11
3.2 Bodemsamenstelling	**12**
3.2.1 Bodemprofielen	12
3.2.2 Chemische samenstelling bodem	13
3.3 Huidige natuurwaarde	**19**
4 HERSTELMOGELIJKHEDEN VOOR HET VOORMALIGE VEN	**20**
4.1 Hydrologisch functioneren	**20**
4.2 Buffering en trofiegraad	**20**
4.3 Advies verwijderen fosfaatrijke lagen	**21**
5 LITERATUUR	**27**
BIJLAGEN	**28**

1. INLEIDING

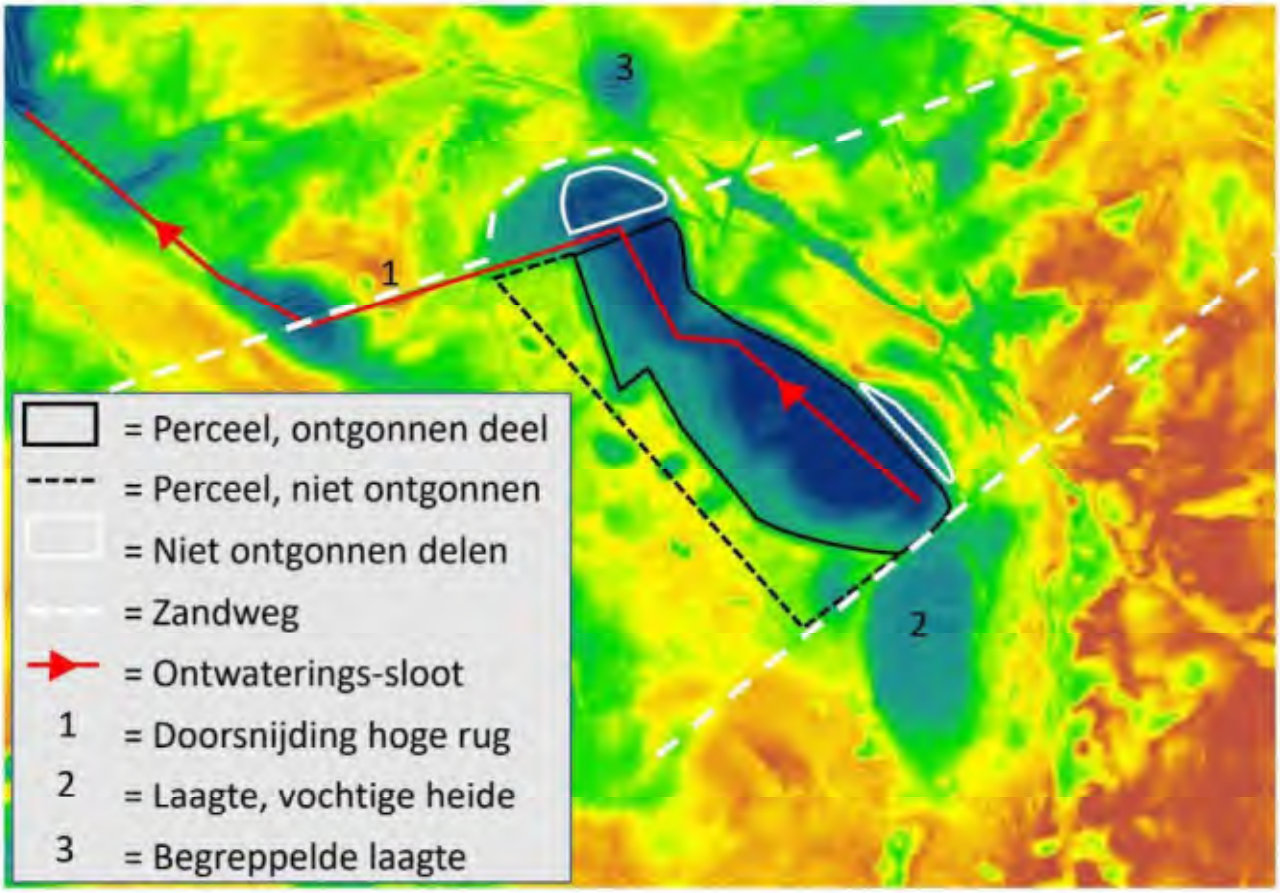
1.1 Aankoop van een landbouwenclave op de Strabrechtse heide

De Strabrechtse heide is één van de grootste en best ontwikkelde heideterreinen in de Provincie Noord-Brabant. Ondanks de grootte heeft ook dit heideterrein te leiden van verdroging. Dit is grotendeels het gevolg van diepe ontwateringen in de omgeving. Maar ook intern zijn nog enkele duidelijke knelpunten aanwezig. Eén van deze knelpunten is het voormalige 's-Heerenven, in het noorden van het terrein. Eind jaren veertig van de vorige eeuw is dit ven ontwaterd door een ontwateringssloot door de aangrenzende rug heen te graven en zodoende water naar het noorden af te voeren. Sindsdien is de laagte vrijwel permanent in beheer geweest als grasland. Alleen de noordpunt en een smalle zone aan de westkant zijn nooit ontgonnen.

Staatsbosbeheer is er in geslaagd om het graslandperceel aan te kopen, waarmee het mogelijk wordt om het voormalige ven weer in enige mate te herstellen. Het totale perceel heeft een oppervlakte van ca 10 ha, en is de afgelopen decennia in gebruik geweest als paardenweide. Er zijn enkele kleine greppels en er is een plaatselijk diep insnijdende afwaterings-sloot (A-watergang) aangelegd. Met het waterschap heeft Staatbosbeheer al besproken om deze van de legger af te halen. Het hele traject vanaf het 's-Heerenven tot aan de Rijksweg A67 kan nu in principe gedempt worden, een beoogde maatregel die volgt uit de GGOR herstelplannen (Vermue, 2012). Een al uitgevoerde maatregel is het omvormen van een stuk naaldbos naar heide net ten zuidoosten van het ven. Herstel van het voormalige ven en ontwikkeling richting het beheertype zwak gebufferd ven (N06.05) was voor Staatsbosbeheer al een beoogde Natura2000 herstelmaatregel (DLG, 2016).

1.2 Huidige toestand 's-Heerenven

De ligging van de ontgonnen delen, het aangekochte perceel en de voormalige venomtrek komen niet geheel met elkaar overeen. Hierdoor is een tamelijk complexe situatie ontstaan (figuur 1). Bij de ontginning is de noordpunt gespaard gebleven, evenals een slecht ongeveer 10 meter brede strook aan de oostzijde. De laagte waarin het ven lag, zet zich ten zuiden van een zandweg voort als een niet ontgonnen deel waar zich nu vooral pijpenstrootje en bruine snavelbies bevindt. Het wel ontgonnen deel volgt aan de oostzijde de natuurlijke omtrek van het ven (met uitzondering van de onontgonnen strook), maar aan de westzijde zit er een scherp hoogteverschil en volgt de overgang naar hogere delen enkele rechte lijnen. Dit duidt er op dat zand van de hogere delen gebruikt is om de lage delen mee op te vullen.
De grens van het aangekochte perceel volgt aan de oostzijde de ontginningslijn, maar aan de westzijde loopt het perceel door tot op de hoge, niet ontgonnen zandrug (figuur 1). Deze is nog grotendeels bebost. Bij aankoop bood dit deel een rommelige aanblik, met een bouwkeet, verspreid liggende rommel, hopen met tuinafval en riet, veel inmiddels half vergaan brandhout en nog veel meer paardenmest (afbeelding 1). Deze hoge delen maken geen deel uit van het onderzochte gebied.
De rest bestaat uit een laagte met laag gelegen, frequent overstromende graslanden en iets hoger gelegen, niet overstromende graslanden.



Figuur 1: Huidige situatie in het 's-Heerenven, geprojecteerd op de hoogtekaart (bron: www.ahn.nl).

In het ontgonnen deel is een afwateringssloot aanwezig waarvan de bodem ongeveer 50-60 cm onder het omringende maaiveld ligt. Deze sloot watert naar het noorden af, verlaat aan de westzijde het voormalige ven en doorsnijdt dan een enkele meters hoge zandrug. Verder is in het perceel een drinkpoel aanwezig voor de paarden, die ook ruim een halve meter diep is. De vrijgekomen grond is rond de poel gelegd. Aan de zuidzijde wordt de ontgonnen laagte begrens door een zandweg die ook een functie heeft als toegangs-weg voor o.a. de brandweer. Aan de noordwest-berm is deze weg bij de doorsnijding van de laagte voorzien van een greppel die op enkele plaatsen tamelijk diep is, meer dan een halve meter. De greppel heeft geen afvoer.

Afbeelding 1: Foto van de hoge rug ten westen van het ven op 28 mei 2020, genomen in de richting van het ven. Voorgrond: rietafval, brandnetels. Achtergrond: 5.1.2e (SBB), keet en diverse materialen.

1.3 Onderzoeksvragen

De aankoop van het graslandperceel in het voormalige 's-Heerenven kan op twee manieren de natuur op de Strabechtse heide versterken. Door de waterafvoer ongedaan te maken, wordt één van de "lekken" aan de rand van het gebied gedicht. En tegelijkertijd kan een voormalig ven gedeeltelijk in ere worden hersteld. Ook hebben zich inmiddels natuurwaarden ontwikkeld in de huidige situatie; de aanwezigheid van een minder voedselarme en minder zure bodem in een verder sterk uitgeloogde omgeving is voor met name de mobielere fauna een waardevolle combinatie. Staatsbosbeheer heeft daarom de voorkeur voor de ontwikkeling van een zwak gebufferd ven. Dat brengt ons tot de volgende hoofdvraag:

Welke inrichtingsmaatregelen kunnen er het beste genomen worden om weer een ven terug te krijgen in de laagte van het voormalige 's-Heerenven? En daarbij liefst een ven dat past binnen het beheertype zwak gebufferd ven (N06.05)

De twee belangrijkste knelpunten voor de ontwikkeling van een zwak gebufferd ven zijn momenteel verdroging en vermesting. De vermesting uit zich, zoals in vrijwel elke voormalige landbouwgrond, vooral in de ophoping van fosfaat in de toplaag van de bodem. Dat brengt ons bij deelvraag 1: In welke mate is de bodem door het agrarisch gebruik opgeladen met fosfaat en in hoeverre is het nodig om deze bodem te verwijderen om een voedselarm ven te kunnen herstellen?

Het 's-Heerenven is een van oorsprong afvoerloze laagte. Rond 1950 is een sloot door de laagte gegraven. Hierbij is, volgens het beheerplan, door enkele leemlaagjes heen gegraven (DLG, 2016). Dit kan er op duiden dat het ven op een schijngrondwaterspiegel gelegen is. Dit is het geval met veel vennen op de Strabrechtse heide, zelfs het zeer grote Beuven. Daarmee wordt deelvraag 2 als volgt: Is er sprake een lokale, slecht water doorlatende laag die een rol speelt in het water vasthoudend vermogen van het ven? Hoe ver strekt deze zich uit buiten het ven? En in hoeverre is deze door de ontginning en het graven van de sloot en de poel beschadigd geraakt? En wat kan er gedaan worden om eventuele lekken te dichten?

Echter, ondanks deze vermoedelijke lek naar de ondergrond via de nieuw gegraven sloot, was het kennelijk nog steeds nodig om een flinke afvoersloot te graven. Dit duidt eerder op de ligging in een groter grondwatersysteem. Ook de lage ligging in het landschap maakt dit mogelijk. Het is dus nog niet duidelijk of hier sprake is van een schijngrondwaterspiegel, of van een ven dat gevoed werd door een groter grondwatersysteem. Dus luidt deelvraag 3: Is er sprake van de toestroom van grondwater uit het grotere, meer regionale grondwatersysteem?

De grondwatervoeding bepaalt niet alleen mede het waterpeil en de jaarlijkse fluctuatie, maar heeft ook een grote invloed op de waterkwaliteit. Bijvoorbeeld door de aanvoer van bufferstoffen, kooldioxide en ijzer. Daarom luidt deelvraag 4 als volgt: Wat is de kwaliteit van het grondwater in het lokale grondwatersysteem (indien aanwezig) en in het regionale systeem?

Ondanks de ontginning is het graslandperceel in de laagste delen altijd zeer nat gebleven, of in ieder geval na verloop van tijd weer zeer nat geworden. De kans is groot dat zich met name op deze natte delen weer natuurwaarden hebben ontwikkeld. Deelvraag 5: Wat zijn de huidige natuurwaarden van het 's-Heerenven en hoe kan hiermee rekening worden gehouden in de herstelplannen?

Om het voormalige ven te kunnen herstellen is herstel van de waterhuishouding en herstel van een voedselarme bodem nodig. Het onderzoek bestaat daarom uit een hydrologisch onderzoek en een bodemonderzoek. Het bodemonderzoek is in het voorjaar van 2020 uitgevoerd, en hierover wordt in voorliggend rapport verslag gedaan. De deelvragen 1 en 5 worden hiermee grotendeels beantwoord. Het hydrologisch onderzoek zal in de zomer van 2020 worden opgestart en vervolgens twee jaar duren en de rapportage volgt aan het eind van deze periode. Dit deelonderzoek moet vooral antwoord geven op de deelvragen 2,3 en 4.

2 VELDWERKZAAMHEDEN & ANALYSEMETHODEN

2.1 Veldwerkzaamheden

Het bodemonderzoek heeft zich beperkt tot de lagere delen van het aangekochte perceel, plus de niet ontgonnen delen van het oorspronkelijke ven. Op 1 mei 2020 zijn er op twaalf plekken bodemmonsters verzameld. Gezien de natte condities en het voor agrarische begrippen tamelijk extensieve gebruik van het perceel, was het niet de verwachting dat fosfaat uit bemesting erg diep in de bodem was doorgedrongen. De bemonstering van de bodem heeft zich daarom beperkt tot de bovenste 40 centimeter. Op de meeste plekken is per bodemlaag van 10 centimeter een monster genomen. Op enkele plekken is daarvan afgeweken en is het bodemprofiel gevolgd.

Op 28 mei 2020 heeft een gezamenlijk terreinbezoek plaatsgevonden met deskundigen en gebiedskenners van Staatsbosbeheer (5.1.2e , 5.1.2e , 5.1.2e & 5.1.2e). Omdat op 1 mei vrijwel overal een harde, rode inspoelingslaag werd aangetroffen op geringe diepte werd de mogelijk waterkerende werking van deze laag van belang geacht en is besloten deze wat beter in beeld te brengen. Er zijn die dag daarom aanvullende boringen verricht. De locaties die op 1 en 28 mei zijn bekeken, staan weergegeven in figuur 2.

Figuur 2: Locaties waar bodemprofielen zijn beschreven op 28 mei 2020 (rode letters) en locaties waar bovendien bodemmonsters zijn genomen (witte cijfers) op 1 mei 2020. Bron achtergrond: google earth, luchtfoto 25 juli 2019

2.2 Analysemethoden

Aan de bodemmonsters is de fosfaatbeschikbaarheid gemeten middels een Olsen-extract. Ook is de totale samenstelling gemeten middels een extractie met geconcentreerd salpeterzuur. Hiermee kan de totale verweerbare hoeveelheid aan aluminium, calcium, magnesium, kalium, ijzer, fosfor en zwavel worden bepaald. Hierbij zijn de onderstaande methoden gehanteerd.

Drooggewicht en organisch stofgehalte
Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo af te wegen in aluminiumbakjes. De bakjes werden precies tot aan de rand afgevuld (volume = 40,5 ml), zodat de soortelijke massa van de bodem kan worden bepaald. De bodems werden gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal opnieuw gewogen en werd het vochtverlies berekend. De fractie organisch stof in de bodem werd via het gloeiverlies bepaald. Hiertoe werd gedroogd bodemmateriaal gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem. Alleen in kalkrijke bodems en bodems met een hoog lutumgehalte kunnen afwijkingen ontstaan.

Destructie
Door de bodem en plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega) werden geplaatst. De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. Het destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Olsenextractie
Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plantbeschikbaar fosfaat worden bepaald. Hiertoe werd aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

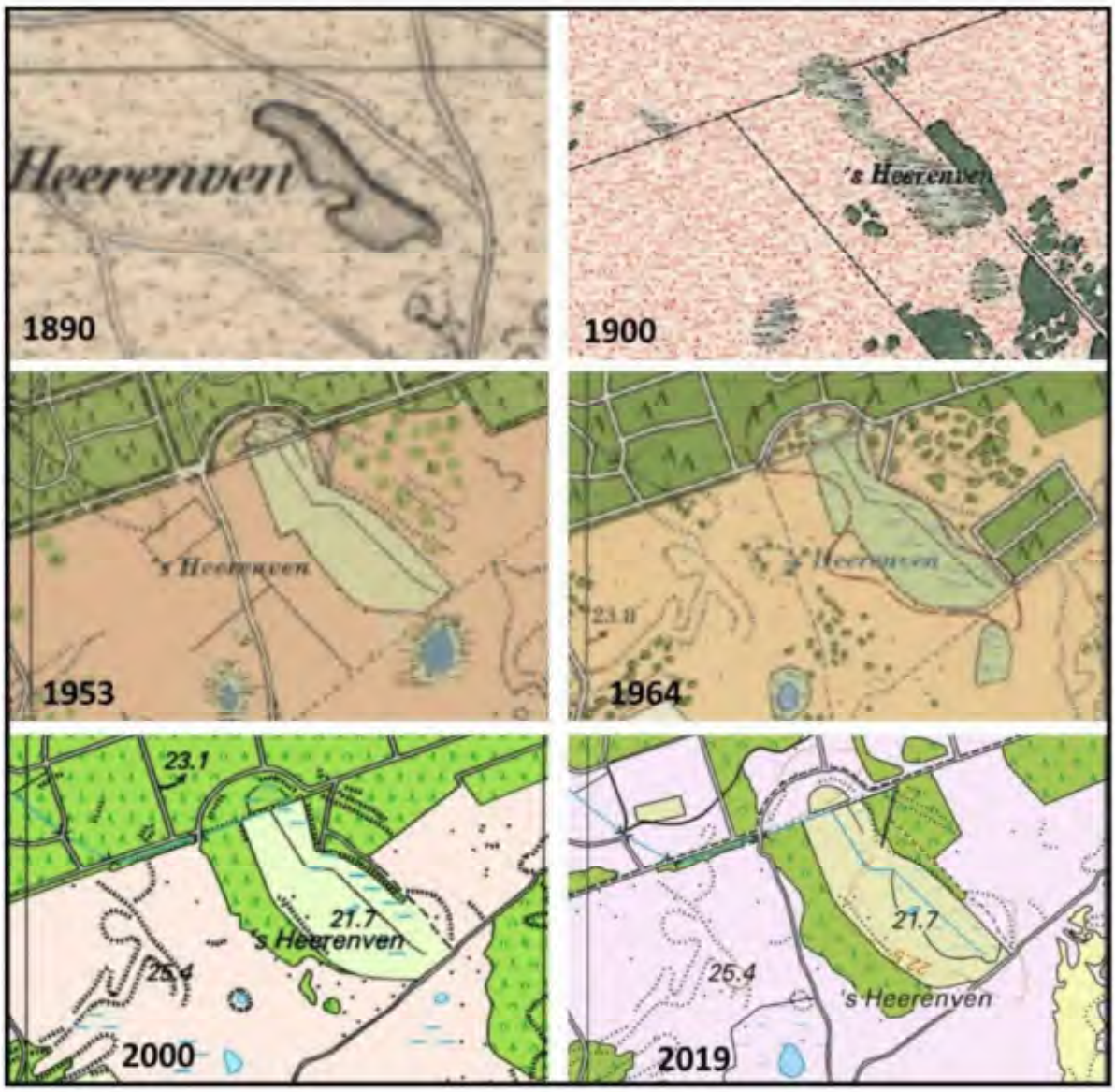
Elementenanalyse (ICP en auto-analysers)
De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn), alsmede de zware metalen, werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific). De concentraties nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl^-) werd colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

3 RESULTATEN

3.1 Terreinverkenningen

3.1.1 Geschiedenis

Het 's-Heerenven is in 1850 voor het eerst op de kaart gezet (figuur 3; www.topotijdreis.nl). Vermoedelijk omdat rond die tijd de laaggelegen gronden enkele kilometers ten noorden van het ven werden ontgonnen en de omliggende "woestenij" beter in kaart werd gebracht. Pas op de kaart van 1900 duikt het eerste teken van ontginning op. Enkele lijnen rondom het ven duiden waarschijnlijk op eigendomsgrenzen die met greppels of aarden wallen werden gemarkeerd. Het is niet waarschijnlijk dat toen al een volwaardig afwateringsstelsel aanwezig was; zo is het lijnvormige element ten westen van het 's-Heerenven op de hoogtekaart nergens als sloot of greppel terug te vinden.



Figuur3: Uitsnedes van topografische kaarten verzameld op de website van Topotijdreis (www.topotijdreis.nl). De jaartallen van de kaarten zijn linksonder weergegeven.

De eerstvolgende grote verandering vinden we terug op de kaarten vanaf 1953. Met name ten noorden van het ven is veel bos aangeplant. Er is een sloot aangelegd door het 's-Heerenven en vervolgens door de zandrug ten westen van het ven. Ook is er nog een klein, extra slootje aan de oostkant, om het meest noordelijke, ontgonnen deel van het ven te ontwateren. Het ontgonnen deel vertoont aan de westkant opvallend rechte grenzen, die ook op de hoogtekaart terug te vinden zijn. Vermoedelijk is tijdens de ontginning de hoge rand "recht gegraven" en is het vrijkomende zand gebruikt om lage delen mee op te vullen. De noordpunt zelf is niet ontgonnen en er lijkt op de grens met de ontwateringssloot een dammetje te zijn opgeworpen. Twee zaken zijn opvallend. In het 's-Heerenven worden nergens drassige stukken aangegeven, behalve in de noordpunt. Daarnaast is ten zuiden van de weg aan de zuidkant (stippellijn) nog een ven aanwezig. De eerstvolgende kaart, van 1964, laat weer drassige stukken zien in het ontgonnen ven, maar het ven ten zuiden van de weg is dan nog slechts een drassig stuk.
Tussen 1964 en 2012 verandert er opvallend weinig op de kaarten. Zowel het ontgonnen 's-Heerenven als de laagte ten zuiden daarvan blijven als drassig aangegeven worden op de kaart. In 1998 wordt de drinkpoel in het grasland zichtbaar op de kaart. Op de kaart van 2013 wordt zichtbaar dat delen van het bos ten noorden en oosten van het ven zijn verdwenen. Vanaf 2017 wordt het weer open gelegde stuifzand zichtbaar op de kaart, maar ook worden de laagte ten zuiden van het ven en de niet ontgonnen noordpunt niet langer als drassig aangegeven.

3.1.2 Afwatering

Op 1 mei 2020 was het inmiddels alweer 6 weken vrijwel volledig droog gebleven. Er was dan ook geen waterafvoer via de sloot. De laagste delen van het perceel stonden nog wel ongeveer 25 centimeter onder water en gingen over in de sloot. Er zijn nergens kwelverschijnselen (roest, bacterievliezen) of waterstromen waargenomen.
De afvoersloot is in westelijke richting gevolgd en stond spoedig na het verlaten van het ven droog. De afvoermogelijkheid was geblokkeerd door achtereenvolgens de wortelkluit van een omgewaaide boom, een 30 cm hoge dam van ingereden zand met fietssporen er op, en een totaal met zand en bladeren verstopte duiker. Vervolgens lag ook de diepe insnijding door de zandrug droog. Pas in de ten westen hiervan gelegen laagte was ongeveer een decimeter stagnant water aanwezig in de sloot. Hier maakt de sloot een knik in noordelijke richting, dit traject lag vol met snoei-afval en bladeren. De sterke indruk bestond dat er al heel wat jaren sprake is van achterstallig onderhoud en daarmee een gebrekkige waterafvoer. Onduidelijk is wat hiervan de impact is op de waterafvoer uit de laagte. In ieder geval bij zeer hoge waterstanden vond er volgens Staatsbosbeheer nog waterafvoer plaats.
De oudste luchtfoto van Google Earth dateert van 1 januari 2005; waarschijnlijk iets eerder of later aangezien ook de loofbomen groen zijn. Daarop is een egaal groen grasland te zien. De drinkpoel is goed gevuld met water, dus de waterstanden waren op dat moment zeker niet laag. Op de luchtfoto's van 1 april 2013, 7 mei 2016 en 13 september 2016 zijn duidelijk grote wateroppervlakken te zien in het grasland. In het extreem droge jaar 2018 zijn die op 7 augustus niet meer te zien, maar nog wel is duidelijk het verschil tussen de natte en droge delen te zien. Ook op de laatste luchtfoto, van 25 juli 2019 is na twee zeer droge zomers geen water te zien, maar wel nog steeds een duidelijk verschil tussen de natte en droge delen. De contouren van de natte delen in 2018 en 2019 komen goed overeen met de wateroppervlakken in de jaren daarvoor. Waarom is er in normale, natte (2016) en droge (2018, 2019) wel een zichtbaar verschil tussen natte en droge delen, maar niet in het jaar 2005? Het lijkt er op dat de situatie rond 2005 droger (beter ontwaterd) was dan in 2020. Mogelijk houdt dit verband met de verwaarloosde afwatering in de laatste jaren. Overigens oogt de laagte de laatste jaren ook veel minder groen; ook de bemesting lijkt minder te zijn geworden.

Verder is op de luchtfoto uit 2005 ook goed het kleine slootje zichtbaar dat de meest noordelijke, ontgonnen laagte draineert. Op de luchtfoto's van 2018 en 2019 is dit slootje niet meer zichtbaar, maar dat kan komen doordat het ven drooggevallen is. Op de hoogtekaart (www.ahn.nl) is het slootje echter ook niet te zien en in het veld is deze evenmin opgevallen. Ook hier lijkt weinig onderhoud te zijn gepleegd.

Figuur 3: Luchtfoto's van Google Earth van het 's-Heerenven, met de datering van Google Earth. Rechts is duidelijk het verschil zichtbaar tussen de lage (nog groene) delen en de hogere (bruin geworden) delen.

3.2 Bodemsamenstelling

3.2.1 Bodemprofielen

In het 's-Heerenven zijn ruim 40 oppervlakkige bodemprofielen beschreven (zie figuur 2 en bijlage 2 en 3). Wat direct opvalt is dat vrijwel overal een rode, donkerrode of zwartrode laag aanwezig die in zekere mate is verkit. Daarboven is zelfs op de natste plekken een bodem aanwezig die in de toplaag meest organisch is, maar waar lokaal ook grijs, sterk uitgeloogd zand aanwezig is. Dit is een veldpodzol, een profiel dat onder natte omstandigheden gevormd is. Het podzolprofiel bevindt zich niet op een vaste NAP-hoogte in de bodem, maar onafhankelijk van de hoogteligging altijd 10-30 cm onder maaiveld. De verkitte inspoelingslaag is veel sterker dan in de meeste veldpodzolen en speelt waarschijnlijk een rol in het watervasthoudende vermogen van het 's-Heerenven.
Dit podzolprofiel is op de meeste laag gelegen delen echter sterk verstoord (figuur 4). Tijdens de ontginning is de ontwateringssloot door de inspoelingslaag gegraven. Wel is later weer leem en organisch materiaal in de sloot gespoeld. De slootbodem ligt momenteel op de meeste plaatsen 50-60 cm onder maaiveld. Ongeveer 20 jaar geleden is ook een drinkpoel gegraven (mondelinge medeling 5.1.2e). Ook deze is ongeveer 60 cm diep. Op de lemige zandbodem hiervan heeft zich niet of nauwelijks organisch materiaal of leem opgehoopt. Het grootste oppervlak verstoorde bodem bevindt zich in de laagten zelf. In het noordelijk deel lijkt de bodembewerking zo oppervlakkig geweest te zijn dat de inspoelingslaag grotendeels gespaard is. In het zuidelijk deel is dit niet het geval; hier is de rode inspoelingslaag over grote delen van het oppervlak verdwenen, of hogerop in het profiel terug te vinden, vaak met een laag uitgeloogd, grijs zand eronder. De bodembewerking lijkt zich te hebben beperkt tot de laagst gelegen delen. Ook heeft mogelijk weer enig herstel plaatsgevonden, waardoor niet overal goed is in te schatten in welke mate de bodem nog water doorlaat.

De bodem onder de inspoelingslaag is homogeen en bestaat overal uit niet uitgeloogd, geel of geelbruin zand met een wisselende leemfractie. Op grotere diepte, meest beneden 1 meter onder maaiveld, zijn tijdens het zetten van de peilbuizen ook 1-2 decimeter dikke leemlagen aangetroffen. Van het Beuven wordt inmiddels vermoed dat ook de lemige, fijnzandige lagen een rol kunnen spelen in het water vasthouden vermogen van het ven (van der Burg e.a., in voorbereiding). Dit geldt zeker voor de aangetroffen leemlagen.

Figuur 4: Mate waarin het bodemprofiel in het agrarische verleden gestoord is. + = rode inspoelingslaag aanwezig, 0 = inspoelingslaag afwezig. Rood = bodem verstoord.

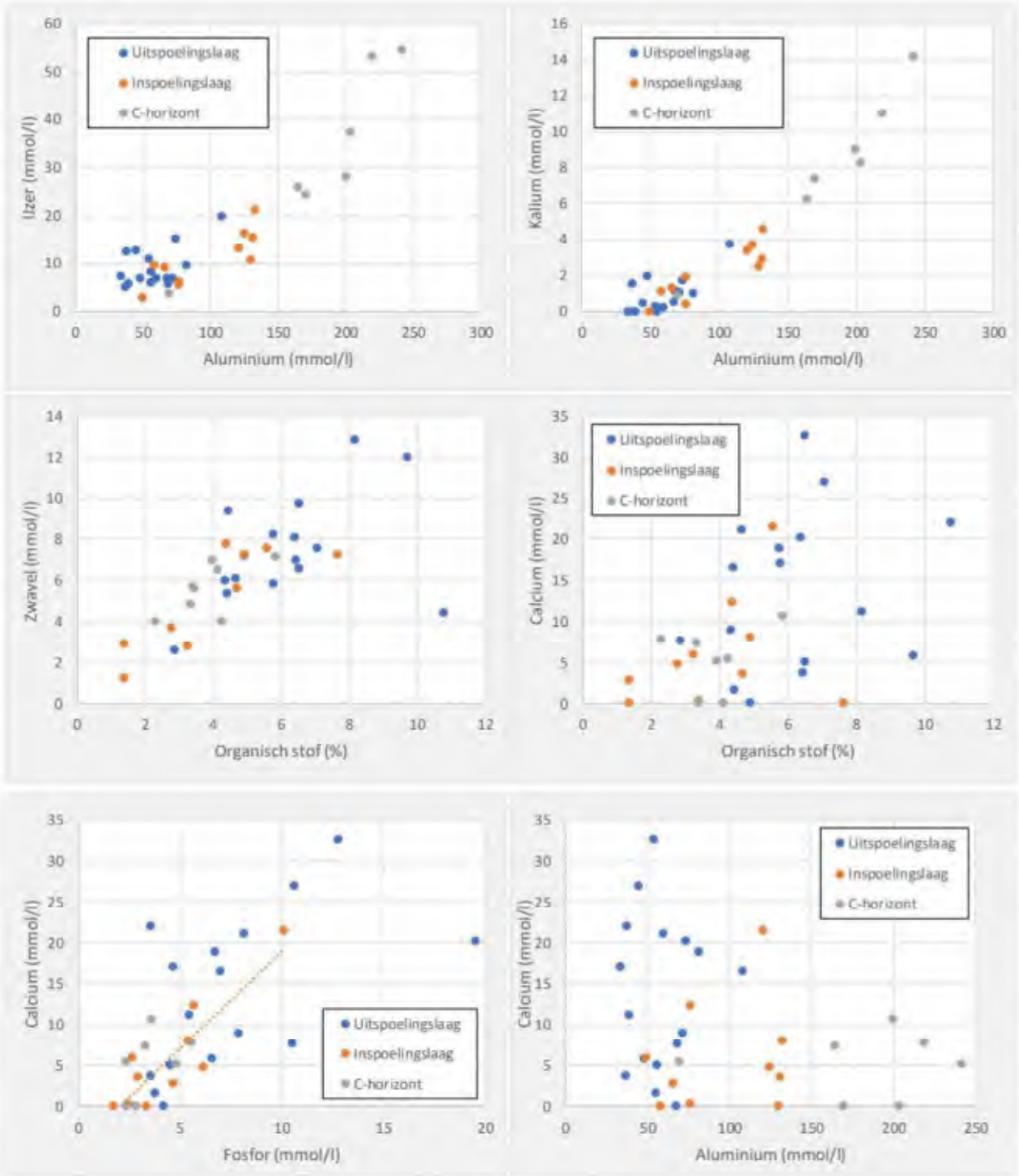
Er zijn dus drie mogelijke bodemlagen aanwezig die een rol kunnen spelen bij het water kerende vermogen: de rode inspoelingslaag op 10-30 cm diepte, de lemige zandlagen die daaronder verspreid voorkomen, en de 1-2 decimeter dikke leemlagen die op 1-2 meter diepte zijn aangetroffen. Het hydrologisch vervolgonderzoek moet hier meer duidelijkheid over verschaffen.

3.2.2 Chemische samenstelling bodem

De belangrijkste componenten die bijdragen aan de elementen die op lange termijn beschikbaar zijn voor het ecosysteem zijn het gehalte aan klei- en leemdeeltjes, het gehalte organisch materiaal en van buitenaf aangevoerde stoffen. Een groot deel van zandbodems bestaat uit nauwelijks verwerend kwarts, met hierin vooral siliciumoxiden. Deze worden ook in sterk zuur niet opgelost. Klei- en leemdeeltjes bestaan uit sneller

verwerende mineralen, die een zeer verschillende elementensamenstelling kunnen hebben. Organisch materiaal bevat behalve veel koolwaterstoffen en stikstof ook veel andere elementen. Klei- en leemdeeltjes en organisch materiaal hebben met elkaar gemeen dat aan de buitenkant ook veel elementen zwak gebonden worden, met name kationen. Door correlaties tussen allerlei elementen te zoeken, kan worden nagegaan in welke bodemfractie het betreffende element vooral voorkomt.

Dominante elementen in allerlei mineralen zijn doorgaans ijzer en aluminium. In figuur 5 is linksboven te zien dat er tussen beide elementen dan ook een goede correlatie bestaat. Dit geeft aan dat de klei- en leemdeeltjes een min of meer vaste mineralensamenstelling hebben en dat met een stijgend leemgehalte beide elementen in dezelfde mate toenemen. Nog sterker geldt dit voor kalium, dit element lijkt evenals aluminium vrijwel alleen aanwezig in verweerbare mineralen. Wel zijn er soms relatief (t.o.v. aluminium) lage gehalten aanwezig in de uitspoelingslaag en relatief hoge gehalten in de inspoelingslaag. Dit duidt op een snellere verwering en uitspoeling van kalium dan van aluminium. Er zijn ook goede correlaties gevonden voor aluminium met magnesium en met mangaan; elementen die kennelijk ook hoofdzakelijk in de leemdeeltjes voorkomen.
Verder valt op dat de leemfractie toeneemt met de diepte van de bodem. In het oorspronkelijke moedermateriaal, de C-horizont, zijn de hoogste gehalten ijzer, aluminium, kalium, magnesium en mangaan gemeten. In de uitspoelingslaag is de bodem bijzonder arm aan deze elementen, zelfs voor een zandgrond. Soms zijn er zelfs geen meetbare hoeveelheden kalium en calcium gemeten. Uit deze gegevens kan de oorzaak niet worden achterhaald. Het is mogelijk dat de bovenste laag zo sterk uitgeloogd is, maar het valt niet uit te sluiten dat het gaat om zand dat in een verstuivingsfase in het ven is gewaaid of vanuit de omringende duinen in het ven is geschoven tijdens de ontginning.
Het gehalte organisch materiaal correleert vooral goed met het zwavelgehalte; wat laat zien dat de zwavelvoorraad vooral aanwezig is in de organische fractie (figuur 5, midden links). Een afwijkend element is calcium. Dit is niet of nauwelijks aanwezig in de mineralen van de leemfractie; er is totaal geen correlatie (figuur 5, rechtsonder). Ook de correlatie met organisch stof is zwak (figuur 5, midden rechts). Wel is er een vrij goede correlatie met fosfor aanwezig, vooral in de inspoelingslaag.



***Figuur 5**: Correlaties tussen gehalten van stoffen in de bodems van het 's-Heerenven die bepaald zijn middels een extractie met geconcentreerd salpeterzuur. Er is onderscheid gemaakt tussen een grijze uitspoelingslaag, een daaronder gelegen rode inspoelingslaag en het niet verweerde materiaal daaronder.*

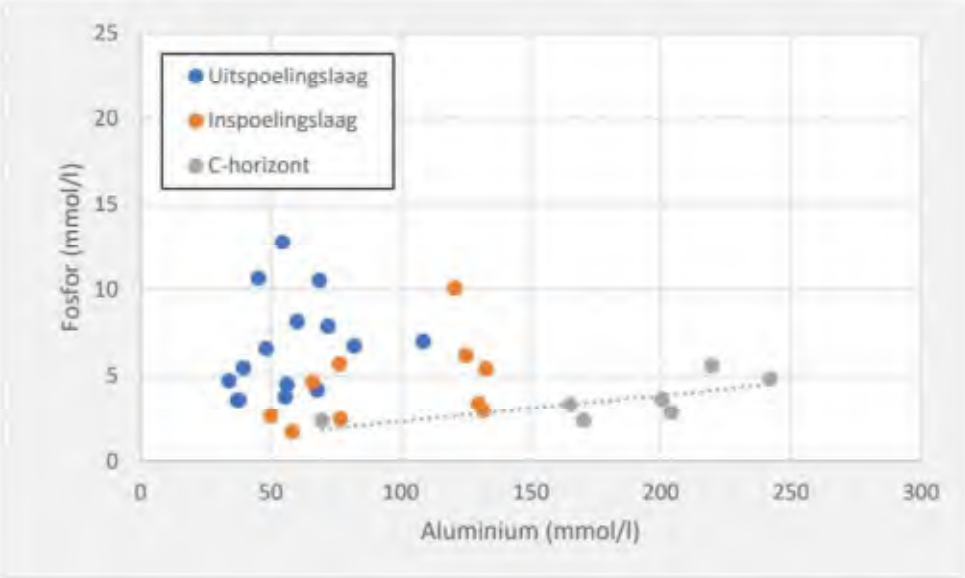
Om beter te begrijpen wat zich in de bodem heeft afgespeeld, zijn de data uitgesplitst naar bodemlaag. Ook is onderscheid gemaakt tussen profielen die op het agrarisch gebruikte grasland zijn verzameld en drie profielen die in de nooit ontgonnen randzones zijn genomen. Ook zijn op twee plekken sterk verstoorde bodemprofielen aangetroffen en deze zijn apart onderscheiden. De resultaten laten typische fosforprofielen voor landbouwbodems zien op het grasland (figuur 6, onderaan). In de toplaag worden aanzienlijk

hogere fosforgehalten gemeten dan in de lagen beneden 30 cm diepte. Op de niet ontgonnen delen is de aanrijking met fosfor zeer gering en op 30 cm diepte is het gehalte op het natuurlijk niveau voor zandgronden (1-3 mmol/l). De gemengde profielen zijn tot 30 cm diepte rijk aan fosfor, maar daaronder veel armer. Overigens is de aanrijking met fosfor geringer dan op de meeste landbouwgronden; in de toplaag zo'n 10 mmol/liter, terwijl dat in de meeste agrarische graslanden op zandgrond het dubbele is. De hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat laat vrijwel het zelfde beeld zien. Wel valt op dat een zeer grote fractie van de totale fosforvoorraad ook plant-beschikbaar is, gemiddeld zo'n 30%.
Deze grote mobiliteit van fosfaat laat zich verklaren door de lage tot zeer lage gehalten aan calcium, en de lage gehalten aan ijzer. In het voorgaande is gebleken dat calcium niet of weinig aanwezig is de organische fractie en ook niet in de verweerbare mineralen. Calcium is voornamelijk aanwezig in de delen die agrarisch gebruikt worden. Bovendien is er een duidelijke gradiënt van een vrij calcium-arme toplaag naar zeer calcium-arme, diepere bodemlagen (figuur 6, midden). Dit doet vermoeden dat calcium vooral afkomstig is van bekalking van het grasland, of het gebruik van calcium houdende mest. IJzer is voornamelijk aanwezig in de leemdeeltjes. Daarnaast is een deel van het ijzer ook aanwezig als ijzerhydroxiden, met name in de rood gekleurde inspoelingslaag. De absolute hoeveelheden zijn echter gering. In de uitspoelingslaag is gemiddeld zo'n 5-10 millimol ijzer aanwezig per liter bodem. Dit geldt ook voor fosfor. Dit is veel te weinig ijzer om veel fosfor te kunnen binden, zeker als wordt bedacht dat de meeste ijzer aanwezig is als onderdeel van nog niet verweerde mineralen en dus niet mee kan doen aan eventuele fosforbinding. Daarnaast zal een deel van het vrije ijzer ook weer bezet kunnen raken met zwavel en de ijzer/zwavel ratio is niet bepaald gunstig (figuur 6, boven en midden). Wel is het zo dat de meeste zwavel ingebouwd zit in organisch materiaal en dus geen ijzer kan binden. Niettemin is het beeld duidelijk; de fosforvoorraad in de bodem is voor een landbouwbodem vrij gering, maar door de lage gehalten aan ijzer en calcium is wel een groot deel hiervan (30%) beschikbaar voor planten.

Figuur 6: *Totale gehalten van een aantal elementen die gemeten zijn middels extractie van de bodem met geconcentreerd salpeterzuur, en rechtsonder de hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat gemeten middels een extractie met natriumbicarbonaat (Olsen-extractie). Met "buiten perceel" worden de niet ontgonnen noordpunt en de smalle oostelijke randzone bedoeld.*

Ook fosfor kan onderdeel zijn van de leemfractie met relatief makkelijk verweerbare mineralen, maar de correlatie met aluminium (als maat voor de leemfractie) is zwak (figuur 7). Wanneer we wat meer inzoomen

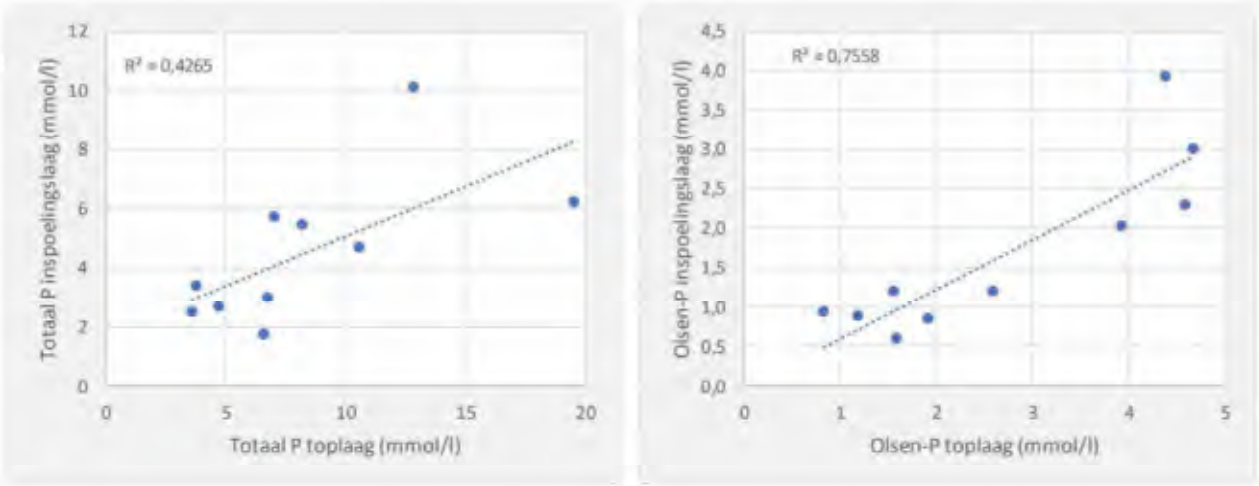
op de verschillende lagen blijkt echter dat het oorspronkelijke moedermateriaal wel degelijk een vaste verhouding aluminium/fosfor heeft; er is ongeveer 50x zo veel aluminium aanwezig als fosfor. In zowel de uitspoelingslaag als de inspoelingslaag is echter veel meer fosfor aanwezig dan op grond van het leemgehalte kan worden verwacht. In figuur 7 is dat het verschil in fosfor tussen de stippellijn en de blauwe, respectievelijk roodbruine bolletjes.



***Figuur 7**: Correlatie tussen het aluminiumgehalte (als maat voor de leemfractie) en het fosforgehalte in de bodems van het 's-Heerenven.*

Het ligt voor de hand dat het "teveel" aan fosfaat het gevolg is van bemesting. Een extra ondersteuning voor dit vermoeden kan worden gevonden wanneer per locatie wordt nagegaan of een fosfaatrijke toplaag ook samengaat met fosfaatophoping in de inspoelingslaag. Dit is gedaan voor alle locaties waar zo'n inspoelingslaag is aangetroffen (figuur 8). Er blijkt een matige correlatie te zijn tussen de grootte van de fosforvoorraad in de toplaag en die in de inspoelingslaag. Wat duidelijker wordt deze wanneer alleen naar de plant-beschikbare fractie wordt gekeken. Het lijkt er dus sterk op dat, ondanks de vrij geringe totale fosforvoorraad, er uitspoeling heeft plaatsgevonden van fosfaat uit de toplaag naar de inspoelingslaag. Wel is de fosforvoorraad in de toplaag ongeveer 2x hoger dan in de inspoelingslaag.

Belangrijkste constatering uit het bodem-chemisch onderzoek is dat de bodem in de bovenste 20-30 cm bestaat uit leem-arm zand dat een zekere mate van uitloging heeft ondergaan en daardoor zeer arm is aan allerlei elementen. Deze elementen zijn deels terug te vinden in de rode inspoelingslaag. Daaronder bevindt zich leemhoudend zand. Deze leem is rijk aan onder meer ijzer en magnesium, maar kalk- en fosfor arm. Calcium en fosfaat zijn in grote mate aangevoerd met het agrarisch gebruik; bemesting en wellicht ook bekalking. Het fosfaatgehalte is laag voor een landbouwbodem, maar duidelijk te hoog voor een voedselarm ven. Bovendien is een relatief groot deel plant beschikbaar.



***Figuur 8**: Correlatie tussen de totale fosforvoorraad (totaal-P) in de toplaag (0-10 cm) en in de inspoelingslaag (meest op 10-30 cm diepte) op dezelfde locatie. Rechts idem voor de hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat (Olsen-P).*

3.3 Huidige natuurwaarde

Er is niet specifiek onderzoek gedaan naar de natuurwaarden in de huidige situatie. Wel is daar tijdens het veldwerk een grof beeld van ontstaan, mede doordat op een deel van de bemonsterde plekken ook vegetatie-opnamen zijn gemaakt (zie bijlage 4).
De droge delen bestaan uit een tamelijk voedselrijk en productief grasland. Toch zijn deze vrij soortenrijk, mede doordat de grasmat plaatselijk zeer kort wordt gehouden door paarden en ganzen en doordat in de afgelopen droge jaren gaten zijn ontstaan in de grasmat. Naast veel algemene soorten van droge graslanden op zandgrond, staan er ook hazenzegge, echt duizendguldenkruid en gewoon biggenkruid, tekenen van een iets schralere bodem. Opvallend zijn sommige locaties aan de westzijde, waar de rode inspoelingslaag ondiep in de bodem zit. Hier staan onder meer trekrus, kleine leeuwentand, dwergviltkruid en klein vogelpootje te midden van grote plekken zandhaarmos. Dit zijn plekken waar vermoedelijk een deel van de bovenliggende zandbodem richting het ven is verplaatst. Doordat ijzer hier hoger in het profiel zit, wordt fosfaat wat beter gebonden.
Op de overgang naar de natte delen is, naast pitrus, op veel plekken veldrus aanwezig. Deze soort geeft aan dat er lokaal grondwater periodiek naar het ven toe stroomt in natte perioden. De veldrus wordt door de paarden veel meer afgegraasd dan pitrus.
De langdurig overstroomde delen worden gedomineerd door onder meer puntmos, veenwortel, watermunt, mannagras, zomprus en gewone waterbies (zie ook afbeelding voorkant rapport). Maar ook soorten van voedselarmere, zuurdere situaties zijn volop aanwezig, zoals egelboterbloem en zwarte zegge. De enige soort van zwak gebufferde vennen die hier wijd verspreid voorkomt is waterpostelein.

Voor de fauna zijn de huidige natuurwaarden zelfs nog groter. Op 1 mei 2020 werden vele tienduizenden kikkervisjes aangetroffen, die op 28 mei grotendeels waren uitgegroeid tot jonge rugstreeppadjes. Ook trekt het gebied veel vogels, zoals ooievaar, boomvalk, grote zilverreiger, watersnip en groenpootruiter.

4 HERSTELMOGELIJKHEDEN VOOR HET VOORMALIGE VEN

4.1. Hydrologisch functioneren

Gezien de inspoelingslaag die onder alle niet gestoorde delen van het voormalig ven is aangetroffen, moet het gebied in het (verre) verleden een groot deel van het jaar een inzijgsituatie hebben gekend. Dit geeft aan dat de invloed van grote grondwatersystemen met meer gebufferd grondwater altijd gering of afwezig is geweest. Dit wordt ook bevestigd door de samenstelling van de bodem; deze is onder meer arm aan ijzer en calcium, waarbij calcium nog voornamelijk afkomstig lijkt door aanvoer in het agrarische verleden. Wel is er sprake van een veldpodzol; de inspoelingslaag vormt geen scherpe grens waar de pH van de bodem in de diepte toeneemt en alle door verzuring gemobiliseerde stoffen uit de verzuurde toplaag kunnen neerslaan en waarbij uiteindelijk een haarpodzol wordt gevormd. Kennelijk reikt (of reikte) het grotere grondwatersysteem in natte tijden wel tot in de inspoelingslaag en wordt deze hierdoor uitgesmeerd over een grotere bodemlaag. Waarschijnlijk doordat er sprake was van een afvoerloze kom was er relatief veel inzijging van water en is de rode inspoelingslaag sterker ontwikkeld dan in een gemiddelde veldpodzol.
De inspoelingslaag bevindt zich niet op een vaste NAP-hoogte, maar loopt min of meer met het maaiveld mee. Enerzijds duidt dit er op dat de kom tot zich tot een behoorlijk hoog niveau met water kon vullen en er over dat oppervlak versterkte inzijging kon plaatsvinden. Anderzijds geeft dit aan dat ook de grondwaterstand onder de inspoelingslaag behoorlijk kon schommelen en zodoende ook hoger gelegen podzolprofielen kon bereiken. Mogelijk is in het verleden eerst een podzolprofiel onder drogere omstandigheden gevormd en is tijdens verstuivingen in de Middeleeuwen de afwatering geblokkeerd geraakt door zandruggen. Hierdoor kon de grondwaterstand stijgen en een veldpodzol ontstaan. Het is waarschijnlijk dat deze podzol een rol is gaan spelen in het vasthouden van water, maar het is niet meer te achterhalen of dit heeft geleid tot de ontwikkeling van een echte schijngrondwaterspiegel. Wel heeft zich in deze situatie waarschijnlijk een zuur ven of hoogveenachtige situatie kunnen ontwikkelen. Op de niet ontgonnen delen van het ven zijn hier nog veel elementen van aanwezig, onder meer draadzegge, snavelbiezen en veenmossen.
Bij de ontginning is de afvoerloze kom veranderd in een laagte met een goede waterafvoer. Bovendien is de bodem in de laagste delen omgewerkt waarbij de inspoelingslaag op veel plaatsen is beschadigd. Vooral direct na ontginning verdween de natte situatie vrijwel geheel, afgaande op de topografische kaart uit 1953. Daarna is, mogelijk door gedeeltelijk spontaan herstel van de inspoelingslaag maar later zeker ook door gebrekkig onderhoud van de afvoersloot, weer enige vernatting opgetreden. De laatste jaren vindt alleen nog waterafvoer plaats bij zeer hoge waterstanden.
Meer zicht op de wateraanvoer moet ontstaan door het hydrologisch onderzoek dat nog vrijwel volledig moet worden uitgevoerd. Zo is niet bekend in hoeverre er wateraanvoer plaatsvindt vanuit het grotere grondwatersysteem. Ook is niet bekend hoe ver de inspoelingslaag doorloopt en of er in natte perioden over deze laag lokaal grondwater wordt aangevoerd naar het 's-Heerenven.

4.2 Buffering en trofiegraad

Venherstel beoogt doorgaans om het meest recent aanwezige, goed ontwikkelde ventype weer te herstellen. In dit geval is dat vermoedelijk een zuur ven met een tamelijk wisselende waterstand. Ontwikkeling van zo'n ven sluit wel aan bij de historische situatie, maar er zijn enkele goede argumenten

om deze route niet te bewandelen. Ten eerste is duidelijk geworden dat de inspoelingslaag vrij sterk verrijkt is met fosfaat. Om een voldoende voedselarme situatie te bereiken zou deze laag moeten worden verwijderd. Maar de inspoelingslaag speelt waarschijnlijk ook een vrij belangrijke rol in het water vasthoudende vermogen van het 's-Heerenven; verwijdering kan leiden tot aanzienlijke verdere verdroging. Ten tweede is de meerwaarde van de ontwikkeling van een zuur ven met wisselende waterstanden op gebiedsniveau niet heel groot; er zijn al veel vennen van dit type aanwezig in de omgeving. In de huidige toestand is het 's-Heerenven al een belangrijk biotoop voor onder meer vogels en amfibieën en het is de vraag of dit zo blijft wanneer een zuur ven wordt ontwikkeld.
Het alternatief is om meer uit te gaan van de huidige natuurwaarde, en te proberen om verdere ontwikkeling zo veel mogelijk te stimuleren. De massaal aanwezige waterpostelein geeft aan dat de huidige natte laagten al kenmerken hebben van een zwak gebufferd, matig voedselrijk ven met wisselende waterstanden. Momenteel is het 's-Heerenven echter nog te voedselrijk; bij de juiste trofiegraad ontstaat er ruimte voor soorten als vlottende bies, moerashertshooi, kruipende moerasweegbree, ondergedoken moerasscherm, oeverkruid, naaldwaterbies en gesteeld glaskroos. Ook elementen van het dwergbiezenverbond zouden zich hier thuis kunnen voelen, zoals borstelbies, dwergzegge en dwergvlas.

Om een zwak gebufferd, matig voedselarm ven te kunnen ontwikkelen is de eerste prioriteit dat er weer voldoende water kan worden vastgehouden en de tweede prioriteit is dat de bodem voldoende fosfaatarm wordt. Grootste knelpunt daarbij is dat verwijdering van fosfaatrijke bodem op veel plekken leidt tot een vermindering van het water vasthoudend vermogen van het 's-Heerenven en dat er veel buffering wordt afgevoerd. In het hieronder staande is zo goed mogelijk geprobeerd om een balans tussen beide prioriteiten te vinden. De strategie hierbij is om de inspoelingslaag te behouden waar deze nog aanwezig is, en binnen deze voorwaarde zo veel mogelijk fosfaatrijke bodem te verwijderen. Mogelijk blijkt uit het hydrologisch vervolgonderzoek dat de water kerende werking van de inspoelingslaag minder belangrijk is, in welk geval er meer fosfaatrijke bodem kan worden verwijderd.

4.3 Advies verwijderen fosfaatrijke lagen

In deze paragraaf wordt aangegeven hoe het beste kan worden omgegaan met de fosfaatrijke toplaag om een zwak gebufferd ven te ontwikkelen. Om de juiste balans tussen trofiegraad, buffering en watervasthoudend vermogen te vinden, wordt het gebied in het onderstaande verdeeld in delen die ecologisch verschillend functioneren. Dat zijn de volgende delen:

- Hogere delen van het graslandperceel, boven de huidige gemiddelde hoogwaterlijn
- Onontgonnen delen van het voormalige ven, die buiten het graslandperceel liggen
- Delen van de lage kom in het grasland met een relatief ongestoord profiel
- Delen van de kom met een gestoord profiel, maar op een intacte inspoelingslaag
- Delen van de kom met een zwaar gestoord profiel, waar de inspoelingslaag ontbreekt of beschadigd is.

Hogere delen van het grasland

Het graslandperceel waarin het overgrote deel van het voormalige 's-Heerenven gelegen is, kent relatief grote hoogteverschillen. De randen liggen tot wel 2 meter hoger dan de laagste delen. Het

bodemonderzoek heeft zich beperkt tot de lage en middelhoge delen. Op al deze plekken is vrijwel overal de rode inspoelingslaag gevonden die waarschijnlijk slecht water doorlaat. Dat wil zeggen dat zich in de middelhoge delen tijdens natte perioden tijdelijk een watervoorraad kan opbouwen in de bodemlaag boven de rode inspoelingslaag, die vervolgens het ven kan voeden. Een aanwijzing voor een dergelijke voeding is het veelvuldig voorkomen van veldrus in deze zone. Afgraven van de uitgeloogde bovenlaag zou betekenen dat er meer inzijging in de rode inspoelingslaag kan plaatsvinden. Immers, de bovenlaag heeft zelf ook een water vasthoudend vermogen waardoor de lek minder is dan vanuit zuiver (regen-)water. Als die bovenlaag wordt afgegraven, vindt er een snellere afstroom richting de laagste delen plaatsvindt en is er dus minder lang nalevering aan het ven plaatsvindt. Ook zit een groot deel van de calciumvoorraad in deze bovenste bodemlaag en kan deze laag dienen als bescherming tegen vertrapping en erosie.
Echter, nalevering van fosfaat vanuit de middelhoge delen zal gezien de hoge mobiliteit van fosfaat ook plaatsvinden, zeker in die delen van de bodem die langdurig nat blijven. Een groot deel van deze bodems drogen echter ook weer vrij snel op, waardoor de fosfaatnalevering geringer is dan uit de natte laaggelegen delen.
Al met al kan in deze relatief droge delen het beste gekozen worden voor handhaven van de huidige situatie, en verdere fosfaatafvoer door maaien en afvoeren. Een uitzondering vormt de omgeving van de keet op de hooggelegen rug aan de westzijde (afbeelding 1). Hier is een dikke laag paardenmest aanwezig en opvallend is dat in het dichtst bij gelegen monsterpunt (10) de hoogste fosfaatconcentraties van het hele 's-Heerenven zijn gemeten. Zeker als uit het hydrologisch vervolgonderzoek zou blijken dat de rol van de rode inspoelingslaag niet essentieel is, verdient het de voorkeur om de vermeste plekken tot 30-40 cm diepte af te graven.

Delen buiten het graslandperceel

De delen buiten het graslandperceel, dat is de noordpunt en een smalle reep aan de oostzijde, zijn niet of nauwelijks vermest. Vermoedelijk heeft alleen enige vermesting plaatsgevonden door contact met het voedselrijkere oppervlaktewater op het grasland, in natte perioden. Op deze delen hoeft dus niets afgegraven te worden. Wel kan desgewenst ruige vegetatie (pitrus, bosopslag) kleinschalig worden verwijderd. In de noordpunt is een flinke plek met draadzegge aanwezig, die ook het beste kan worden gespaard.

Lage delen met ongestoord profiel

Prioriteit is hier behoud van de inspoelingslaag. Wanneer alle bovenliggende bodem wordt verwijderd, komt deze laag bloot te liggen en wordt erg gevoelig voor beschadiging door bijvoorbeeld betreding, golfslag of sterke doorworteling. Anderzijds bevat de bovenliggende laag van gemiddeld 15 cm dikte teveel fosfaat. Een goed compromis kan zijn om de bovenste 10 cm, meest fosfaat (en calcium-) rijke grond te verwijderen, maar een afdeklaag van 5-10 cm boven de inspoelingslaag te behouden waarin ook nog een behoorlijke voorraad calcium aanwezig is. Wanneer uit het hydrologisch onderzoek blijkt dat de inspoelingslaag niet essentieel is voor de hydrologie van het ven, kan de bodem beter tot net boven deze laag worden weggegraven.

Lage, gestoorde delen met intacte inspoelingslaag

Op sommige locaties (rode plus symbolen in figuur 4) is de bodem omgewerkt, maar is een groot deel van inspoelingslaag hierbij niet geraakt. Fosfaat is hier egaal door het gestoorde profiel verwerkt. Waarschijnlijk is het dan ook het beste om de gestoorde laag hier tot op de inspoelingslaag te verwijderen. Indien

blijkt dat de inspoelingslaag essentieel is voor de hydrologie, kan de inspoelingslaag vervolgens het beste worden afgedekt met een 5-10 cm dikke laag voedselarm zand.

Lage, gestoorde delen zonder inspoelingslaag

Tenslotte zijn er locaties waar de inspoelingslaag door de bovenliggende bodemlagen geploegd is. Al deze lagen zijn ook fosfaatrijk geworden. Het is moeilijk in te schatten in hoeverre deze beschadigde delen van de venbodem hiermee hun waterkerend vermogen verloren hebben. Als dit geheel verloren gegaan is, heeft verwijdering van de complete verstoorde, fosfaatrijke bodemlaag nauwelijks effect op het water vasthoudend vermogen van het ven. Het is echter waarschijnlijk dat het waterkerende vermogen niet geheel verloren gegaan is, of dat er na beschadiging geleidelijk weer een gedeeltelijk herstel heeft plaatsgevonden. Het verschil in waterstand tussen beide bezoeken op 1 en 28 mei bedroeg ongeveer 20 cm. In deze periode is het neerslagtekort (neerslag min verdamping) ongeveer 100 millimeter geweest. Dat wil zeggen dat er ook een aanzienlijk lek naar de ondergrond moet plaatsvinden. Mogelijke lekken zijn de sloot en de drinkpoel. Echter, de waterstand hier was niet lager dan in het omringende perceel op 28 mei. Dit zou er op duiden dat de lek naar de ondergrond over een groot oppervlak plaatsvindt en niet beperkt blijft tot de drinkpoel en de sloot. Het is dan waarschijnlijk dat deze lek zich voornamelijk afspeelt in de beschadigde delen van de venbodem.
Op deze gestoorde delen zonder inspoelingslaag kan er daarom beter gekozen worden voor verwijdering van de complete, gestoorde laag, meest tot op de c-horizont. Wel is het een optie om deze delen af te dekken met een laag leem, om zodoende het water vasthouden vermogen van het ven te herstellen. De beslissing om een leemlaag aan te brengen is afhankelijk van de resultaten van de hydrologische studie die de komende jaren wordt uitgevoerd.

De bovenstaande redeneringen leiden tot het inrichtingsvoorstel zoals aangegeven in figuur 9.

Figuur 9: Voorlopig voorstel voor verwijdering van fosfaatrijke bovenlagen uit het 's-Heerenven. De exacte invulling kan het beste plaatsvinden op basis van de hydrologische bevindingen.

De volgende bijzondere elementen verdienen apart aandacht bij de herinrichting:

- De drinkpoel
- De centrale sloot en het kleine slootje in de noordelijke laagte
- De voederplek voor de paarden aan de noordoostzijde
- De omgeving van de keet op de rug aan de westzijde

Drinkpoel

Deze poel is ongeveer 60 centimeter diep. Met de aanleg is de inspoelingslaag geheel vergraven, op de bodem is (op 2 plekken) alleen de c-horizont aangetroffen. Niettemin was de waterstand in de poel op 28 mei 2020 niet merkbaar lager dan in de omringende natte kom. De lek van water naar de ondergrond lijkt dus niet veel groter te zijn dan in het perceel. Het hydrologisch onderzoek moet nog uitwijzen of dit komt door hoge grondwaterstanden in het onderliggende pakket, het leemgehalte in de c-horizont of de aanwezigheid van leemlagen op geringe diepte. Wel lijkt het verstandig om de drinkpoel te verondiepen tot het niveau van de dan afgegraven delen van de omringende kom, bijvoorbeeld om de overlevingskansen van vissen te verminderen. Indien de rode inspoelingslaag essentieel blijkt voor de hydrologie, kan dit het beste gebeuren met voedselarme leem.

De uit de poel vrijgekomen grond ligt nog rondom de poel. Aangezien deze voornamelijk uit fosfaatrijke bouwvoor bestaat, kan deze het beste worden afgevoerd.

De centrale sloot en kleine noordelijke sloot

In de centrale sloot is op 4 plekken het bodemprofiel bekeken. Telkens bleek een ongeveer 15 cm dikke, lemige en organische zandlaag aanwezig te zijn op de c-horizont. Er is niet gemeten aan deze laag, maar zeer waarschijnlijk heeft zich ook in deze laag teveel fosfaat opgehoopt. De slootbodem kan het beste worden afgedekt met een laag voedselarme leem, om lek van water en nalevering van fosfaat te verminderen. De kleine sloot kan, indien nog aanwezig, op gelijke wijze worden behandeld.

Voederplek paarden

Aan de noordoostkant, bij de toegangsweg en het toegangshek, is een voederplek voor de paarden. Hier hangen de paarden veel rond en deze plek is duidelijk verruigd. Er is hier niet gemeten in de bodem, maar om enigszins schrale omstandigheden te krijgen, zou hier zeker 30 cm van de toplaag moeten worden verwijderd. Of dit ook wenselijk zou zijn om fosfaat-toestroom naar het ven te verminderen is nu niet duidelijk maar kan mogelijk uit het hydrologisch onderzoek blijken.

Omgeving keet

Rond de keet op de zandrug aan de westkant is het terrein op veel meer plekken verruigd en zwaar vermest (zie afbeelding 1). Het wordt in ieder geval sterk aangeraden om alle zichtbare paardenmest hier zo snel mogelijk te verwijderen. Daarnaast geldt het zelfde als voor de voederplek; het is niet bekend hoe ver fosfaat hier in de bodem is doorgedrongen en of afgraven van een fosfaatrijke laag hier bij zou dragen aan een lagere fosfaatlast van het ven. Op sterk vermeste plekken (paardenmest, brandnetel) lijkt het raadzaam om ook 30-40 cm van de bovengrond te verwijderen, om zodoende lek van fosfaat naar de omgeving sterk te reduceren.

Tenslotte moet er nog worden gewezen op het risico van woekering van watercrassula. Deze invasieve exoot profiteert met name van verwijdering van fosfaatrijke bovenlagen van landbouwgronden, wanneer deze vochtig of nat worden. De delen waar vergraving plaatsvindt, worden erg gevoelig voor vestiging en woekering van watercrassula. Temeer daar het door de afweging tussen water vasthoudend vermogen, calciumrijkdom en fosfaat afvoer voorlopig niet erg voedselarm zal zijn. En daar komt bovenop dat het ven regelmatig bezocht wordt door watervogels en met name ganzen, die als verspreiders van watercrassula fungeren. Er zijn twee manieren om woekering van watercrassula tegen te gaan. De eerste is een intensieve monitoring in de beginfase en onmiddellijke verwijdering van alle beginnende vestigingen. De tweede is het eenmalig aanbrengen van een mengsel van doelsoorten middels zaad, zodat deze zich eerder zullen vestigen dan watercrassula. Het beste is waarschijnlijk om beide acties uit te voeren.

Perspectieven voor het ven bij de voorgestelde maatregelen.

Omdat er een compromis gezocht moet worden tussen water en voedselrijkdom, zal er niet meteen een voedselarm, zwak gebufferd ven ontstaan. Toch geeft het abundante voorkomen van waterpostelein al aan dat een ontwikkeling in die richting zeker niet kansloos is. De eerste jaren, met een schatting van 5-10 jaar, zal het ven nog relatief voedselrijk blijven. Behalve voor waterpostelein, biedt dit ook kansen voor onder meer veelstengelige waterbies, schild-ereprijs, borstelbies, rosse vossenstaart, naaldwaterbies, moerashertshooi en haaksterrenkroos. Dit uiteraard indien de hoeveelheid water op zijn minst niet minder

wordt dan in de huidige situatie. Bij een beheer van maaien en afvoeren, uitgezonderd mogelijk de laagste delen, zou ook de fosfaatnalevering uit de randzone langzaam terug moeten lopen. Op termijn kunnen dan ook soorten als vlottende bies, ondergedoken moerasscherm, oeverkruid, kruipende moerasweegbree, pilvaren en drijvende waterweegbree een steeds groter aandeel in de vegetatie bemachtigen. Wanneer het ven voldoende voedselarm is, is begrazing wellicht ook een geschikte manier om de genoemde soorten te behouden. Veel soorten profiteren van plaatselijk open getrapte bodem. Uiteraard moet begrazing niet leiden tot een te sterke betreding en te veel aanvoer van mest.

Mogelijke aanpassingen naar aanleiding van de hydrologische bevindingen

Het hydrologische vervolgonderzoek moet uitwijzen wat de rol is van de diverse bodemlagen is in het water vasthouden vermogen van het ven. Ook moet hieruit duidelijk worden door welke grondwaterstromen het ven gevoed wordt en wat ongeveer het intrekgebied is. Voor de herinrichting is met name van belang wat de rol van de rode inspoelingslaag is in het water vasthoudend vermogen. Als deze laag hierin een essentiële rol speelt, zijn de hierboven beschreven aanvullende maatregelen nodig. In het kort zijn dit de volgende:

- Niet afgraven van de delen boven de huidige hoogwaterlijn waaronder zich een rode inspoelingslaag bevindt. Enige uitzondering zijn zwaar vermeste plekken.
- Een laag van 5-10 cm bodem laten zitten boven de nog intacte inspoelingslaag in de lage delen op delen met een onverstoord bodemprofiel
- Na afgraven van verstoorde profielen boven een nog intacte inspoelingslaag, deze laag weer afdekken met 5-10 cm schoon zand
- Op lage delen waar geheel verstoorde bodemprofielen worden verwijderd een laag schone leem aanbrengen die waterkerend is, en die aansluit op de rode inspoelingslaag van de aangrenzende delen
- Ook op de bodem van de ontwateringssloot en de drinkpoel zo'n leemlaag aanbrengen die aansluit op de inspoelingslaag, en daarna verder verondiepen

Het hydrologisch onderzoek wordt in de komende twee jaar uitgevoerd, maar naar verwachting ontstaat er in de komende winter al genoeg zicht op de grondwaterstromen om te kunnen beslissen over boven genoemde aanpassingen.

5 LITERATUUR

Burg, R. F. van der., F. Meijer & M. de Graaf, in voorbereiding. Landschaps-ecologische systeemanalyse van het Beuven. Bosgroep Zuid Nederland, in opdracht van de Gemeente Someren.

Dienst Landelijk Gebied, 2016. Natura 2000-beheerplan Strabrechtse Heide en Beuven (137). Dienst Landelijk Gebied & Staatsbosbeheer, in opdracht van Ministerie van Economische zaken.

Vermue, H., 2012. GGOR Strabrechtse heide en Sang en Goorkens. Haskoning Nederland rapport nr. 9X3317/R00001/904236/DenB. In opdracht van Waterschappen de Dommel en Aa en Maas.

Bijlage 1: Analysegegevens van de bodemmonsters die op het terrein verzameld zijn. Kg DW/l = kilogram drooggewicht per liter verse bodem.

Nr.		Vocht	Org.	kg	Al	Ca	Cl	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Si	Zn	Olsen-P
		(%)	stof (%)	DW/l	totaal gehalte (destructie) mmol/l												mmol/l
1A	0-15 cm	26	4,46	1,16	56	1,5	12,3	8,3	0,0	1,2	0,0	0,4	3,8	9,4	9	0,13	0,83
1B	20-30 cm	27	7,67	1,09	130	0,0	12,0	10,7	2,5	4,7	0,1	0,4	3,4	7,2	14	0,13	0,93
1C	30-50 cm	20	3,41	1,34	204	0,0	13,1	37,4	8,3	22,7	0,2	0,5	2,8	5,7	19	0,16	0,83
2A	0-10 cm	37	9,71	0,90	48	5,8	10,2	7,0	1,9	3,3	0,1	0,3	6,6	12,0	10	0,13	1,59
2B	10-20 cm	17	4,93	1,40	68	0,0	14,1	6,9	0,6	2,2	0,0	0,5	4,2	7,2	14	0,11	1,24
2C	20-30 cm	20	1,39	1,40	58	0,0	13,4	9,6	1,1	3,5	0,0	0,5	1,7	2,9	23	0,08	0,59
3A	0-10 cm	19	4,42	1,07	109	16,5	10,6	19,8	3,8	10,2	0,1	0,4	7,0	5,4	16	0,33	2,60
3B	10-20 cm	20	4,4	1,06	76	12,4	10,7	5,5	0,4	3,3	0,1	0,4	5,7	7,7	11	0,38	1,19
3C	20-30 cm	23	5,85	1,11	200	10,7	12,2	28,3	9,0	18,1	0,2	0,4	3,6	7,1	18	0,42	0,93
4A	0-10 cm	19	6,52	1,02	54	32,6	10,5	10,9	0,3	3,7	0,3	0,3	12,8	6,5	11	0,40	4,39
4B	10-20 cm	22	7,08	0,79	45	26,9	8,3	12,7	0,5	4,1	0,3	0,3	10,7	7,5	8	0,63	3,18
4C	20-30 cm	22	5,59	1,11	121	21,4	11,9	13,3	3,4	9,0	0,2	0,4	10,1	7,5	13	0,43	3,91
4D	30-40 cm	19	3,35	1,27	165	7,3	12,5	26,0	6,3	16,3	0,2	0,4	3,3	4,8	15	0,21	1,04
5A	0-10 cm	22	5,61	0,99	77	5,9	10,1	10,4	5,0	6,4	0,1	0,3	9,5	8,8	10	0,25	4,00
5B	10-20 cm	20	5,28	1,18	67	3,1	11,8	7,9	3,0	3,8	0,0	0,4	7,7	6,0	12	0,31	3,78
5C	20-30 cm	27	6,71	0,91	31	6,3	9,8	6,8	2,1	2,2	0,0	0,3	7,0	8,2	7	0,43	2,45
5D	30-40 cm	20	3,96	1,20	242	5,1	11,7	54,7	14,2	36,5	0,4	0,5	4,8	7,0	14	0,47	1,51
6A	0-10 cm	20	2,59	1,38	137	6,9	14,0	29,5	6,4	17,0	0,2	0,5	8,2	4,5	13	0,30	3,98
6B	10-20 cm	21	3,49	1,29	109	4,2	13,4	21,2	4,2	9,8	0,1	0,4	8,3	6,9	12	0,27	4,07
6C	20-30 cm	26	4,32	1,15	195	6,7	11,7	46,1	10,7	25,3	0,3	0,4	11,5	14,4	13	0,47	4,15
6D	30-40 cm	19	2,31	1,46	219	7,7	14,2	53,4	11,1	33,6	0,4	0,5	5,6	4,0	15	0,53	1,53
7A	0-10 cm	35	6,45	0,97	37	3,6	9,8	5,2	1,6	3,1	0,0	0,3	3,6	6,9	11	0,16	1,20
7B	10-20cm	24	3,43	1,29	77	0,2	12,7	6,3	1,9	3,5	0,0	0,4	2,5	5,6	13	0,22	0,88
7C	20-30 cm	24	4,14	1,30	170	0,0	13,3	24,3	7,4	12,1	0,1	0,4	2,4	6,5	15	0,22	0,83
8A	0-10 cm	17	5,79	0,98	34	17,0	10,4	7,3	0,0	1,7	0,0	0,3	4,7	5,8	7	0,40	1,56
8B	10-20 cm	20	10,79	0,90	38	22,0	9,9	12,5	0,0	1,8	0,1	0,3	3,6	4,4	3	0,36	1,45
8C	20-30 cm	15	3,26	1,23	50	5,9	12,5	2,9	0,0	1,8	0,1	0,3	2,7	2,8	10	0,14	1,20
8D	30-40 cm	17	4,26	1,20	70	5,4	11,5	3,7	0,9	2,9	0,1	0,4	2,4	4,0	10	0,11	1,04
9A	0-10 cm	24	4,68	1,32	60	21,0	12,8	6,9	0,2	2,7	0,1	0,4	8,2	6,1	10	0,24	3,94
9B	10-20 cm	27	8,18	0,99	39	11,2	10,1	5,7	0,0	1,6	0,0	0,3	5,5	12,8	7	0,16	1,44
9C	20-30 cm	23	4,91	1,23	133	8,0	12,3	21,2	4,6	10,1	0,1	0,4	5,4	7,3	13	0,31	2,02
10A	0-10 cm	18	6,41	1,04	74	20,2	10,7	15,3	1,7	4,8	0,3	0,3	19,5	8,0	12	0,46	4,68
10B	10-20 cm	14	4,35	1,21	72	9,0	12,3	6,8	1,1	2,8	0,0	0,4	7,9	6,0	11	0,32	3,59
10C	20-30 cm	13	2,79	1,30	125	4,8	12,5	16,3	3,7	6,8	0,1	0,4	6,2	3,7	11	0,26	3,00
11A	0-10 cm	23	5,78	1,26	82	18,8	13,6	9,5	1,0	3,7	0,1	0,4	6,7	8,2	15	0,27	1,93
11B	10-20 cm	24	6,53	1,09	56	4,9	10,8	6,0	0,2	1,7	0,0	0,3	4,5	9,7	10	0,19	1,10
11C	20-30 cm	21	4,69	1,32	132	3,6	13,1	15,5	2,9	6,3	0,1	0,4	2,9	5,6	14	0,30	0,84
12A	0-10 cm	12	2,88	1,22	69	7,7	12,5	5,7	1,1	2,4	0,1	0,3	10,6	2,6	11	0,28	4,60
12B	10-20 cm	7	1,35	1,19	59	3,2	11,6	6,4	1,2	2,7	0,1	0,3	6,5	1,2	10	0,15	3,08
12C	20-30 cm	7	1,39	1,12	66	2,8	11,0	9,1	1,3	3,2	0,1	0,3	4,7	1,2	9	0,14	2,29

Bijlage 2: Beschrijvingen van de bodemprofielen op de 12 locaties waar bodemmonsters verzameld zijn.

1 0-15 cm Sterk organisch zand
15-20 cm Overgang
20-30 cm Lemige, rode inspoelingslaag
30-50 cm Lemig, geel zand

2 0-10 cm Matig organisch zand
10-20 cm Licht organisch zand, zwartgrijs (uitgeloogd)
20-30 cm Rode inspoelingslaag

3 0-10 cm Matig organisch zand, gelaagd (verstoord)
10-20 cm Matig organische, zwartrode inspoelingslaag
20-25 cm Rode, lemige inspoelingslaag
25-40 cm Lemig, geel zand

4 0-20 cm Matig organisch, zwartgrijs (uitgeloogd) zand
20-30 cm Rode inspoelingslaag
30-40 cm Gelig, lemig zand

5 0-10 cm Sterk verstoorde/gemengde grond
10-30 cm Sterk gemengde/gelaagde grond, ook inspoelingslaag doorgemengd
30-40 cm Roodgeel, lemig zand

6 Waterlaag van 20 cm aanwezig
0-30 cm Sterk gemengde/gelaagde grond, ook inspoelingslaag doorgemengd
30-40 cm Lemig, geel zand

7 0-10 cm Zwartgrijs, uitgeloogd zand, matig organisch
10-20 cm Roodzwarte inspoelingslaag, matig organisch
20-30 cm Bruinig, sterk lemig zand

8 0-10 cm Matig organisch, zwartgrijs, uitgeloogd zand
10-20 cm Idem, iets meer rode kleur
20-30 cm Rode inspoelingslaag met organisch materiaal
30-40 cm Roodgeel, iets lemig zand

9 Waterlaag van 15 cm aanwezig
0-10 cm Sterk organisch zand
10-20 cm Zwartgrijs, uitgeloogd zand
20-30 cm Rode inspoelingslaag

10 0-20 cm Zwartgrijs, uitgeloogd zand
20-30 cm Rode inspoelingslaag

11 Waterlaag van 5 cm aanwezig
0-10 cm Matig organisch zand
10-20 cm Matig organisch zand, beetje rood gekleurd
20-30 cm Rode inspoelingslaag
30-40 cm Lemig, geel zand

12 0-10 cm Zwartgrijs zand
10-20 cm Overgang
20-30 cm Rode inspoelingslaag

Bijlage 3: Beschrijvingen van de bodemprofielen die op 20 mei zijn gemaakt.

A 0-30 cm gemengd, daaronder geel zand

B 0-30 cm gemengd (10 cm uitgeloogd, rode inspoelingslaag, 10 cm uitgeloogd), dan dunne inspoelingslaag en daaronder geel zand

C Ongestoord, 30 cm uitgeloogd zand op geelrode inspoelingslaag

D 20 cm uitgeloogd zand op 20 cm dikke, rode inspoelingslaag

E 15 cm verstoorde zwartgrijze grond op rode inspoelingslaag

F 10 cm verstoorde zwartgrijze grond op rode inspoelingslaag

G Slootbodem: 20 cm lemig-organisch zand op geel lemig zand

H 25 cm verstoorde bodem op rode inspoelingslaag

i 20 cm verstoorde bodem op geelbruin zand

J 20 cm verstoorde bodem op lemig, geelbruin zand

K Slootbodem: 25 cm organisch-lemig zand op geel zand

L 20 cm verstoorde bodem op geel lemig zand

M 20 cm uitgeloogd zand op rode inspoelingslaag

N 20 cm sterk uitgeloogde bodem op rode inspoelingslaag

O 25 cm uitgeloogde bodem op zwartrode inspoelingslaag

P Opgeworpen grond uit poel: 35 cm verstoorde bodem op rode inspoelingslaag

Q Waterlaag (poel) 30 cm (twee locaties): 30 cm geelbruin, licht lemig zand

R Slootbodem: 20 cm lemig-organisch zand op geelbruin, licht lemig zand

S 20 cm verstoorde bodem (incl inspoelingslaag) op geelbruin, licht lemig zand

T 35 cm uitgeloogd zand op rode inspoelingslaag

U 20 cm uitgeloogd zand op rode inspoelingslaag

V 15 cm uitgeloogd zand op rode inspoelingslaag

W 10 cm uitgeloogd zand op rode inspoelingslaag

X 20 cm uitgeloogd zand op rode inspoelingslaag

X1 Slootbodem: 25 cm organisch-lemig zand op geel zand

Y 25 cm verstoorde bodem op rode inspoelingslaag

Z 25 cm verstoorde bodem op rode inspoelingslaag

Z1 20 cm uitgeloogd zand op rode inspoelingslaag

Z2 20 cm uitgeloogd zand, daaronder 10 cm overgang naar rode inspoelingslaag

Bijlage 4: Vegetatie-opnamen gemaakt op de locaties waar de bodemmonsters zijn genomen

Opnamenummer		1	2	7	3	6	9	11	4	5	8	10	12	
Bedekking totaal (%)		80	90	95	90	60	40	80	90	95	95	95	80	
Carex lasiocarpa		2m	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Draadzegge
Hydrocotyle vulgaris		2m	2a	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	Gewone waternavel
Juncus bulbosus		+	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	Knolrus
Lythrum portula		.	.	.	2a	2a	2b	2m	.	.	.	.	.	Waterpostelein
Ranunculus flammula		.	+	.	2m	+	+	2b	2m	+	r	.	.	Egelboterbloem
Carex nigra		.	.	+	1	.	1	2a	.	.	.	.	.	Zwarte zegge
Juncus acutiflorus		.	.	1	.	.	.	.	+	+	+	r	r	Veldrus
Carex ovalis		.	.	.	r	.	.	+	.	r	r	.	.	Hazenzegge
Centaurium erythraea		.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	r	Echt duizendguldenkruid
Ornithopus perpusillus		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	Klein vogelpootje
Agrostis stolonifera		2m	1	3	1	2a	.	2a	.	3	2b	3	3	Fioringras
Juncus effusus		3	3	3	.	.	.	.	+	2b	1	.	r	Pitrus
Lycopus europaeus		.	.	.	1	2a	1	2a	+	2m	1	.	.	Wolfspoot
Mentha aquatica		.	.	r	2a	2a	+	2a	1	2m	.	.	.	Watermunt
Calliergonella cuspidata		.	.	3	4	2a	2a	.	2a	2m	.	.	.	Gewoon puntmos
Trifolium repens		.	.	.	.	.	.	.	3	2a	2a	2m	2a	Witte klaver
Agrostis gigantea		+	+	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	Hoog struisgras
Betula pubescens	jl	1	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Zachte berk
Urtica dioica		r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Grote brandnetel
Aulacomnium palustre		1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Roodviltmos
Campylopus introflexus		r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Grijs kronkelsteeltje
Warnstorfia fluitans		2a	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Vensikkelmos
Polytrichum commune		2m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	Gewoon haarmos
Sphagnum denticulatum		2m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Geoord veenmos
Sphagnum cuspidatum		2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Waterveenmos
Sphagnum fimbriatum		+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Gewimperd veenmos
Cardamine pratensis		.	r	r	+	.	.	+	1	+	+	.	.	Pinksterbloem
Salix cinerea		.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Grauwe en Rossige wilg
Galium palustre		.	2m	r	2a	+	.	.	+	+	.	.	.	Moeraswalstro
Myosotis scorpioides		.	+	.	+	+	.	+	r	r	.	.	.	Moeraswergeet-mij-nietje
Eleocharis palustris		.	.	.	1	2m	2a	2m	.	.	.	.	.	Gewone waterbies
Glyceria fluitans		.	.	.	1	1	2m	1	.	.	.	.	.	Mannagras
Juncus articulatus		.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	Zomprus
Leontodon autumnalis		.	.	.	r	r	.	.	.	.	r	+	r	Vertakte leeuwentand
Ranunculus repens		.	.	.	2a	+	+	2m	1	1	+	.	.	Kruipende boterbloem
Rorippa sylvestris		.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	Akkerkers
Rumex obtusifolius		.	.	.	+	r	+	+	.	.	.	+	r	Ridderzuring
Veronica serpyllifolia		.	.	.	+	.	.	.	.	+	1	1	1	Tijmereprijs
Poa species		.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	Beemdgras (G)
Alopecurus geniculatus		.	.	.	.	.	.	.	2m	2a	.	+	.	Geknikte vossenstaart
Cerastium glomeratum		.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	1	+	Kluwenhoornbloem
Cirsium vulgare		.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	+	.	Speerdistel
Lotus pedunculatus		.	.	.	.	.	.	.	r	.	2b	.	2m	Moerasrolklaver
Poa annua		.	.	.	.	.	.	.	1	+	+	2m	1	Straatgras
Poa trivialis		.	.	.	.	.	.	.	2a	2m	.	.	.	Ruw beemdgras
Sagina procumbens		.	.	.	.	.	.	.	+	.	2m	2m	2m	Liggende vetmuur
Senecio jacobaea		.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	+	+	Jakobskruiskruid s.l.
Plantago major		.	.	.	.	.	.	.	+	.	r	+	+	Grote weegbree
Warnstorfia species		.	.	2m	.	.	.	.	+	.	.	.	.	Sikkelmos p.p. (G)
Taraxacum species		.	.	.	.	.	.	.	r	r	r	1	r	Paardenbloem (G)
Persicaria amphibia		.	.	.	.	2a	.	.	.	2m	.	.	.	Veenwortel
Rumex crispus		.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	Krulzuring
Callitriche platycarpa		.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	Gewoon sterrenkroos
Molinia caerulea		.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Pijpenstrootje
Epilobium tetragonum		.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Kantige basterdwederik s.l.
Brachythecium rutabulum		.	.	r	.	.	.	.	.	.	+	+	.	Gewoon dikkopmos
Campylopus fragilis		.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Bossig kronkelsteeltje
Polytrichum juniperinum		.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	r	Zandhaarmos
Holcus lanatus		.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	Gestreepte witbol
Luzula campestris		.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	Gewone veldbies
Poa pratensis		.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	2a	2m	Veldbeemdgras
Trifolium dubium		.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	1	.	Kleine klaver
Cerastium fontanum		.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	Gewone hoornbloem
Festuca rubra		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	.	Rood zwenkgras s.s.
Geranium molle		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	Zachte ooievaarsbek
Hypochaeris radicata		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	Gewoon biggenkruid
Juncus bufonius		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	Greppelrus
Linaria vulgaris		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	Vlasbekje
Veronica arvensis		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	Veldereprijs
Bryum rubens s.l. Mitt.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	+	Roodknolknikmos
Ceratodon purpureus		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	Gewoon purpersteeltje
Aphanes inexpectata		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	+	Kleine leeuwenklauw
Achillea millefolium		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	Gewoon duizendblad
Cerastium semidecandrum		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	Zandhoornbloem
Filago minima		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	Dwergviltkruid
Juncus squarrosus		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	Trekrus
Plantago lanceolata		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	Smalle weegbree
Spergularia rubra		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	Rode schijnspurrie
Brachythecium albicans		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	Bleek dikkopmos

BemestingsWijzer
Grasland
P1

Uw klantnummer: 8957924

Provincie Overijssel
Eenhheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice@eurofins-agro.com
I www.eurofins-agro.com

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
	772642/005169979	09-09-2020	21-09-2020

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag / vrij laag / goed / vrij hoog / hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	2500	1400 - 2040	
	C/N-ratio		14	13 - 17	
	N-leverend vermogen	kg N/ha	135	95 - 145	
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	2	20 - 30	
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	475	250 - 355	
	C/S-ratio		76	50 - 75	
	S-leverend vermogen	kg S/ha	10	20 - 30	
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	11,9	2,8 - 4,0	
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	425	150 - 215	
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	285	95 - 135	
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	100	90 - 140	
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	10	90 - 210	
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	810	715 - 1070	
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	205	110 - 170	
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	120	45 - 150	
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	10	65 - 110	
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	15	30 - 45	
Fysisch	Zuurgraad (pH)		4,9	5,0 - 5,7	
	C-organisch	%	2,9		
	Organische stof	%	5,5		
	C/OS-ratio		0,53	0,45 - 0,55	
	Koolzure kalk	%	< 0,2	2,0 - 3,0	
	Klei (<2 µm)	%	1		
	Silt (2-50 µm)	%	10		
	Zand (>50 µm)	%	84		
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	52	> 64	
	CEC-bezetting	%	82	> 95	
	Ca-bezetting	%	62	75 - 85	
	Mg-bezetting	%	15	6,0 - 10	
	K-bezetting	%	3,8	2,0 - 5,0	
	Na-bezetting	%	1,0	1,0 - 1,5	
	H-bezetting	%	0,2	< 1,0	
	Al-bezetting	%	0,2	< 1,0	

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag / vrij laag / goed / zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0	
Verslemping	rapportcijfer	8,1	6,0 - 8,0	

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

60230

0019

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch	Vochthoudend vermogen	mm	22						
	Microbiële biomassa	mg C/kg	398	275 - 825					
	Microbiële activiteit	mg N/kg	64	125 - 175					
	Schimmel/bacterie-ratio		0,5	0,7 - 1,0					

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving
Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 77	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-PAE)	= 9,4	mg P/kg
Pw-getal	= 102	mg P_2O_5/l

Advies	Stikstof (N)			2021 t/m 2024						
	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	348	zeer licht weiden	< 1000	54	14	11	11	13	12	12
		licht weiden	1000 - 1500	75	21	32	32	29	26	24
		normaal weiden	1500 - 2000	91	48	49	49	43	37	32
		licht maaien	2000 - 2500	105	72	65	65	52	43	
		normaal maaien	2500 - 3000	116	93	77	77	59		
		zwaar maaien	> 3000	122	112	88	88			
		standweiden		75	-	52	41	42	32	32

				2021		2022 t/m 2024	
		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	35 (2e snede)	35	35 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		15	0	25	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		15	0	25	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	15	20 (3ex maaien)	25	20
		normaal maaien	> 2500	15	25 (3ex maaien)	25	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		0	0	0	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		0	0	0	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	0	40 (3ex maaien)	40	50
		normaal maaien	> 2500	20	60 (3ex maaien)	80	80

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	120	120	120	120

			2021		2022 t/m 2024	
	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)		50	50 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)		30	30 (eenmalig)	30	30 (eenmalig)

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	645	-	-	-
		Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 130			

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	0
	Calcium (CaO)	eenmalig	330
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
De P-buffering is 8 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 55

Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

Organische stof

Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 2,6

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Netto toename van effectieve organische stof.

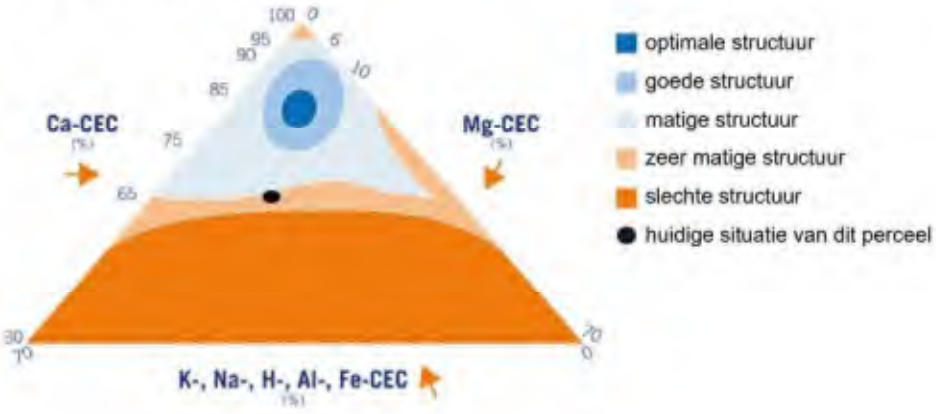
Figuur: Kwaliteit van de organische stof

Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek



Figuur: Textuurdriehoek

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

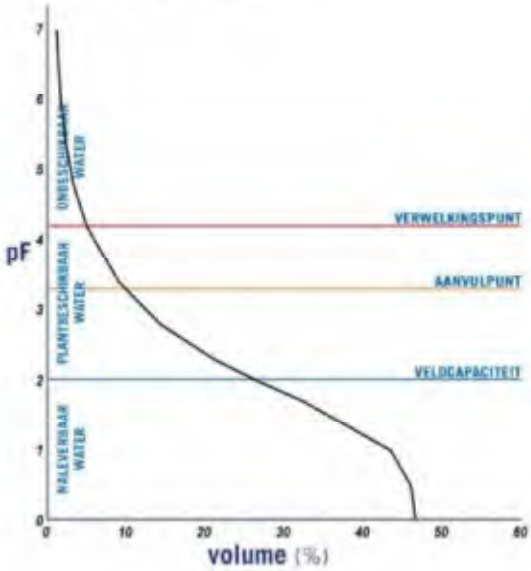
Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Fysisch

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 22 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 9,9 % vocht zit en geef dan 17 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, [redacted]
Contactpersoon monstername:	[redacted]
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Normaal

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Methode Analyse resultaten

	Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
N-totale bodemvoorraad	1980	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
S-plantbeschikbaar	1,9	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
S-totale bodemvoorraad	375	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
P-plantbeschikbaar	9,4	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
P-bodemvoorraad	77	mg P_2O_5/100 g	Em: NIRS (TSC®)	
K-plantbeschikbaar	226	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
K-bodemvoorraad	2,0	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Ca-plantbeschikbaar	0,1	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
Ca-bodemvoorraad	36	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Mg-plantbeschikbaar	161	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
Mg-bodemvoorraad	7,9	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Na-plantbeschikbaar	8	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
Na-bodemvoorraad	0,5	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Zuurgraad (pH)	4,9		Em: NIRS (TSC®)	
C-organisch	2,9	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
Organische stof	5,5	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
C-anorganisch	0,05	%	Em: NIRS (TSC®)	
Kooltzure kalk	< 0,2	%	Em: NIRS (TSC®)	
Klei (<2 µm)	1	%	Em: NIRS (TSC®)	
Silt (2-50 µm)	10	%	Em: NIRS (TSC®)	
Zand (>50 µm)	84	%	Em: NIRS (TSC®)	
Klei-humus (CEC)	52	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Microbiële biomassa	398	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Microbiële activiteit	64	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Schimmel biomassa	93	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Bacteriële biomassa	173	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 15-09-2020

BemestingsWijzer
Grasland
P4

Uw klantnummer: 8957924

Provincie Overijssel
Eenhheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice@eurofins-agro.com
I www.eurofins-agro.com

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
	772645/005169979	09-09-2020	25-09-2020

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag / vrij laag / goed / vrij hoog / hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	2830	1400 - 2050	
	C/N-ratio		13	13 - 17	
	N-leverend vermogen	kg N/ha	140	95 - 145	
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	7	20 - 30	
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	525	255 - 355	
	C/S-ratio		69	50 - 75	
	S-leverend vermogen	kg S/ha	13	20 - 30	
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	7,8	2,8 - 4,0	
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	235	150 - 215	
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	220	95 - 135	
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	115	85 - 140	
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	30	90 - 215	
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	760	685 - 1030	
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	175	115 - 170	
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	130	45 - 150	
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	15	65 - 110	
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	15	30 - 45	
Fysisch	Zuurgraad (pH)		4,7	5,0 - 5,7	
	C-organisch	%	2,9		
	Organische stof	%	5,4		
	C/OS-ratio		0,54	0,45 - 0,55	
	Koolzure kalk	%	< 0,2	2,0 - 3,0	
	Klei (<2 µm)	%	1		
	Silt (2-50 µm)	%	8		
	Zand (>50 µm)	%	86		
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	50	> 63	
	CEC-bezetting	%	83	> 95	
	Ca-bezetting	%	60	75 - 85	
	Mg-bezetting	%	17	6,0 - 10	
	K-bezetting	%	4,6	2,0 - 5,0	
	Na-bezetting	%	1,2	1,0 - 1,5	
	H-bezetting	%	0,4	< 1,0	
	Al-bezetting	%	1,6	< 1,0	

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag / vrij laag / goed / zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0	
Verslemping	rapportcijfer	8,1	6,0 - 8,0	

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
	Vochthoudend vermogen	mm	21						
Biologisch									
	Microbiële biomassa	mg C/kg	467	270 - 810					
	Microbiële activiteit	mg N/kg	100	125 - 175					
	Schimmel/bacterie-ratio		0,8	0,7 - 1,0					

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving
Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 43	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-PAE)	= 6,2	mg P/kg
Pw-getal	= 63	mg P_2O_5/l

Advies **Stikstof (N)** **2021 t/m 2024**

	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	345	zeer licht weiden	< 1000	53	14	11	11	13	12	12
		licht weiden	1000 - 1500	74	21	31	31	29	26	23
		normaal weiden	1500 - 2000	90	48	49	49	42	36	32
		licht maaien	2000 - 2500	104	71	64	64	52	43	
		normaal maaien	2500 - 3000	114	93	77	77	59		
		zwaar maaien	> 3000	120	111	87	87			
		standweiden		74	-	52	40	42	32	32

		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	2021 1e snede	2021 volgende snedes	2022 t/m 2024 1e snede	2022 t/m 2024 volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	0 (2e snede)	35	0 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		15	0	25	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		15	0	25	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	15	20 (3ex maaien)	25	20
		normaal maaien	> 2500	15	25 (3ex maaien)	25	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		0	0	0	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		0	0	0	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	15	40 (3ex maaien)	40	50
		normaal maaien	> 2500	55	60 (3ex maaien)	80	80

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	110	110	110	110

		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	2021 1e snede	2021 volgende snedes	2022 t/m 2024 1e snede	2022 t/m 2024 volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)			75	75 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)			25	25 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	890	-	-	-
		Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 125			

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	0
	Calcium (CaO)	eenmalig	355
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
De P-buffering is 7 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 42

Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

Organische stof

Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 2,8

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Netto toename van effectieve organische stof.

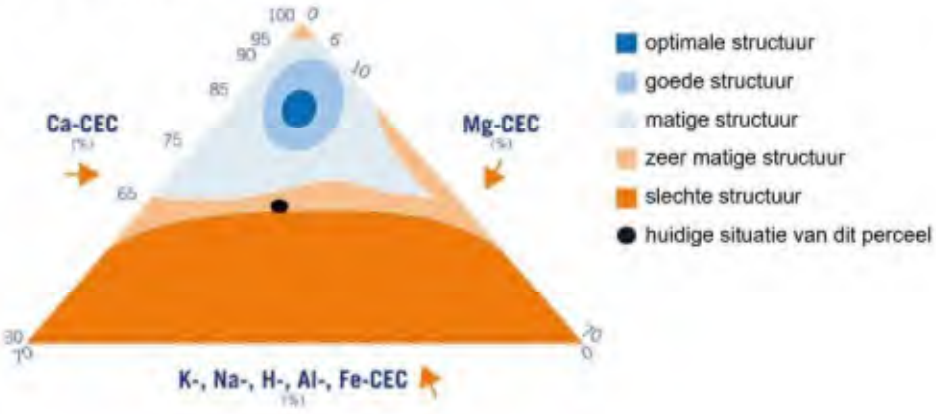
Figuur: Kwaliteit van de organische stof

Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek



Figuur: Textuurdriehoek

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

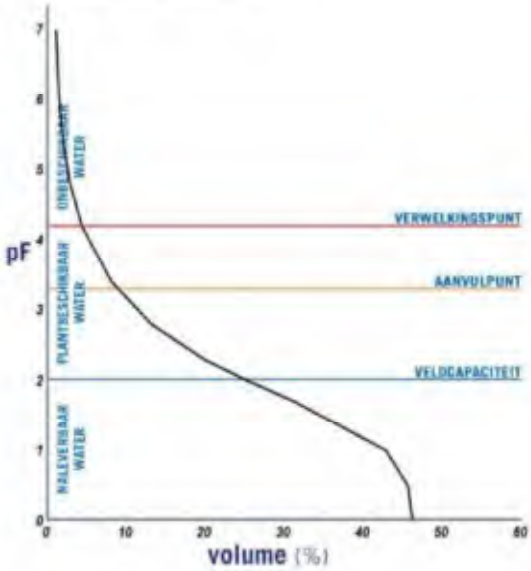
De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

Fysisch

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 21 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 9,0 % vocht zit en geef dan 17 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, 5.1.2e
Contactpersoon monstername:	5.1.2e 5.1.2e
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Normaal

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Methode Analyse resultaten

	Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
N-totale bodemvoorraad	2240	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
S-plantbeschikbaar	5,3	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
S-totale bodemvoorraad	415	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
P-plantbeschikbaar	6,2	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
P-bodemvoorraad	43	mg P_2O_5/100 g	PAL1: Gw NEN 5793	Q
K-plantbeschikbaar	173	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
K-bodemvoorraad	2,3	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Ca-plantbeschikbaar	0,3	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
Ca-bodemvoorraad	36	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Mg-plantbeschikbaar	137	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
Mg-bodemvoorraad	8,6	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Na-plantbeschikbaar	12	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
Na-bodemvoorraad	0,6	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Zuurgraad (pH)	4,7		Em: NIRS (TSC®)	
C-organisch	2,9	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
Organische stof	5,4	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
C-anorganisch	0,05	%	Em: NIRS (TSC®)	
Kooltzure kalk	< 0,2	%	Em: NIRS (TSC®)	
Klei (<2 µm)	1	%	Em: NIRS (TSC®)	
Silt (2-50 µm)	8	%	Em: NIRS (TSC®)	
Zand (>50 µm)	86	%	Em: NIRS (TSC®)	
Klei-humus (CEC)	50	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Microbiële biomassa	467	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Microbiële activiteit	100	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Schimmel biomassa	184	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Bacteriële biomassa	236	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform
P-bodemvoorraad Deze analyse is in duplo uitgevoerd.

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 15-09-2020

Klant: Staatsbosbeheer
Project: onderzoek grond locatie D
Locatie/adres: Bergschenhoek

Contactpersoon: 5.1.2e
team Advies & Projecten (ZH) - projecten | provinciale eenheid Zuid-Holland
Adviseur: 5.1.2e
Datum: 26-08-2022

Advies Innogreen BV		
	Klant:	Staatsbosbeheer
	Project:	Grondonderzoek
	Monster:	Bestaande grond
	Plaats:	Bergschenhoek, thv Hogelanddreef D
	Grondsoort:	Zavelgrond
	Adviseur:	5.1.2e
	Contact:	5.1.2e
	Datum:	26-08-2022

Analyse nummer(s):	Gazon	Border	Bomen	Plantsoen	Overig, namelijk:
SP22-028846					bloemenweide

Omschrijving project/locatie:

Het betreft een monster van een zavelgrond aan de Hogelanddreef locatie D. Het betreft hier een samengestelde aangevoerde grond. De grond is mooi los (0-40 cm). Het beoogde doel is de grond te verbeteren voor inzaai bloemenweide.

Toelichting uitslag bodemanalyse(s):

Het gehalte aan lutum is goed, silt en afslibbaar goed. Hoeveelheid zand is goed voor deze samengestelde grond. Organische stof is goed. De pH is goed tot licht hoog. Koolzure kalk (CaCO3) is wat fors, de hoeveelheid beschikbaar calcium is hoog, de bodemvoorraad calcium is goed. De bodemvoorraad aan stikstof is licht hoog voor bloemenweide, kali wat hoog, magnesium goed. Fosfaat is te laag en zwavel erg hoog. De C/N verhouding is goed. Beschikbaar is stikstof mooi laag, fosfaat te laag, kali goed en magnesium wat fors. Zwavel hoog. De CEC is prima en voornamelijk bezet met calcium. Voor een bloemenweide is er wat te weinig fosfaat en is zwavel te hoog. De structuur is goed. De verhouding Calcium, magnesium en kali is goed. Deze grond is een gemengde aangebrachte grond met veel slipachtig materiaal erin, en geen bodemleven. Hierdoor hoog zwavel.
Voeg ook bodemleven toe om bodemvormende processen te stimuleren.

Voorstel /advies

Om deze grond geschikt te maken voor bloemenweide kan er volstaan worden met het bemesten met fosfaat en het enten/toevoegen van bodemleven.
Het eerste jaar maaien en afvoeren om te verschralen de bodem te verschralen
Kies een bloemen mengsel wat geschikt is voor wat rijkere gronden.

Toelichting advies/producten:

Fosfaatmix P bemesting van met name fosfaat
BioBodem, enting bodemleven

Innogreen BV aanvaardt geen aansprakelijkheid voor verminderde werking of eventuele schade als gevolg van uitgebrachte adviezen of een onjuiste toepassing/verwerking van haar producten.

Strooi-productadvies:

Adviezen in kg per 100 m² tenzij anders aangegeven!	Start voor inzaai					
Product/meststof:	**2022**	**toevoegen**				
Materialen strooien, daarna inharken en inzaaien	oppervlakte					
Fosfaatmix P	5 kg					
BioBodem	8 kg					
2022						
2023						
	april	**juni**	**november**			
Maaien en afvoeren						
2024						
BioBasis (NPK 8-3-8)	5 kg					

Overige opmerkingen verwerking:

Jaarlijks wat bijzaaien om soortenrijkdom te bevorderen.

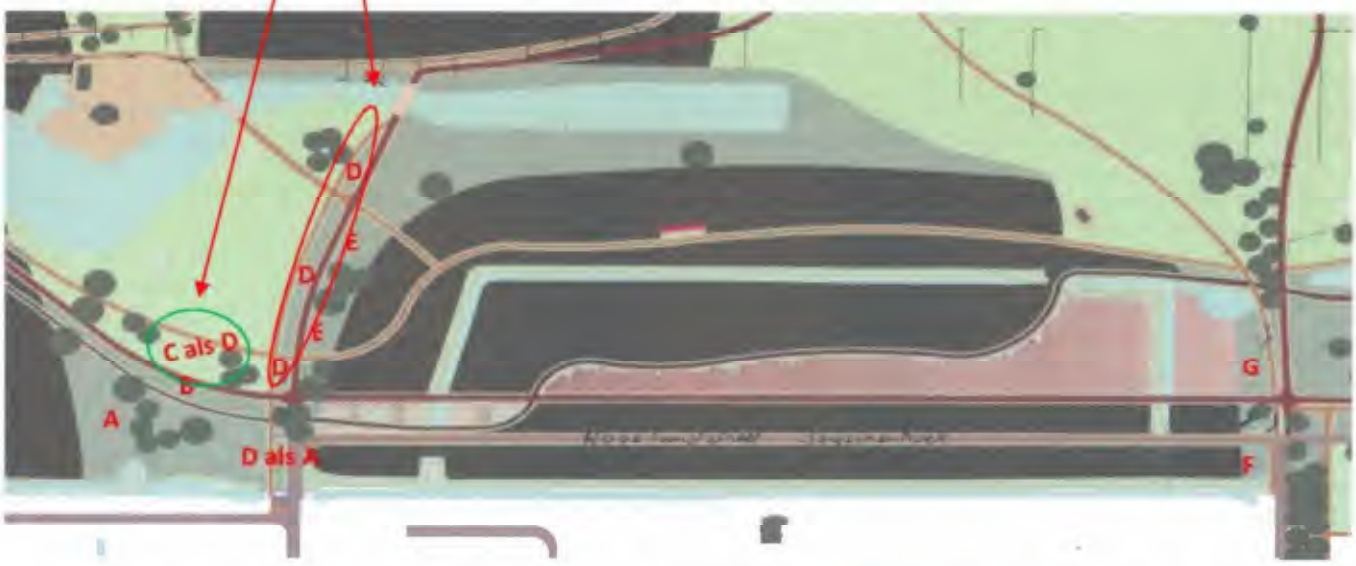
Innogreen BV aanvaardt geen aansprakelijkheid voor verminderde werking of eventuele schade als gevolg van uitgebrachte adviezen of een onjuiste toepassing/verwerking van haar producten.

Duidelijk te zien, meer slipachtig materiaal in aangevoerde grond

Locatie van bemonstering D

Locatie D (zie op kaart)

Op locatie C is de grond als de D vakken



Innogreen BV aanvaardt geen aansprakelijkheid voor verminderde werking of eventuele schade als gevolg van uitgebrachte adviezen of een onjuiste toepassing/verwerking van haar producten.

Bijlage: algemene toelichting bodemanalyse onderdelen

Organische stof
De basis van een gezonde bodem. Organische stof is voldoende afgebroken organisch materiaal. Hierbij kan gedacht worden aan blad, takken, oude plantenstengels en gestorven bodemdiertjes. Het wordt ook wel eens stabiele humus genoemd. Een bodem met een gezond percentage organische stof kan goed vocht en voedingsstoffen aan zich binden. Organische stof zorgt naast structuur ook voor de levering van voeding als er voldoende omzetting is door het bodemleven.

Afslibbaarheid
De afslibbaarheid wordt veelal berekend uit de combinatie van lutum en silt in de bodem. Het zijn de kleideeltjes in de bodem. De kleinste deeltjes die er mede voor zorgen dat de grond voeding en vocht kan vasthouden. Bij te hoge percentages afslibbaarheid kan een bodem slempgevoelig worden.

pH (zuurgraad van de bodem)
De zuurgraad van een bodem zegt veel over de beschikbaarheid van voedingsstoffen voor een plant. Balans is hierbij een belangrijk woord. Sommige planten zijn gebaat bij een zuurdere grond met een lage pH (4.0 – 5.5). Dit noemen we de zuurminnende planten. Andere (de grootste groep) is gebaat bij een hogere pH (5.0 – 7.0). Afhankelijk van het type gewas kan een pH bepalend zijn voor het resultaat. Bij een te hoge pH worden bepaalde sporenelementen moeilijker opneembaar. Een te lage pH kan weer zorgen voor een slecht functionerend bodemleven waardoor organische stof niet wordt afgebroken.

Hoofd- en sporenelementen (voeding voor de plant)
Een plant neemt voedingselementen op uit de bodem. Deze elementen hebben allemaal hun functie en zijn noodzakelijk voor een goede groei. We onderscheiden twee groepen:

Hoofdelementen: stikstof, fosfaat, kalium, calcium, magnesium, zwavel

Sporenelementen: ijzer, koper, borium, molybdeem, mangaan, silicium en zink.

Een plant heeft vooral hoofdelementen in grote mate nodig. Sporenelementen neemt het veel minder op, maar die zijn wel essentieel voor een gezonde groei van de plant.

Calcium (Kalk)
Calcium is een belangrijk element in de bodem. Het draagt bij aan de structuur van de grond en is voor de plant van belang voor de stevigheid van de celwanden. Daarnaast wordt kalk gebruikt om een pH te verhogen of onderhoudsmatig op pijl te houden in een bodem.

CEC (Cation Exchange Capicity)
Het CEC bepaald in hoeverre de grond voedingsstoffen aan zich kan binden. Dit hangt samen met het percentage organische stof en de afslibbaarheid. De bezetting van het CEC zegt iets over welke voedingsstoffen gebonden zijn aan de grond. Door omzetting kan dit op termijn vrijgemaakt worden. Het is dus geen voeding die, in de huidige vorm, opneembaar is voor de plant.

Innogreen BV aanvaardt geen aansprakelijkheid voor verminderde werking of eventuele schade als gevolg van uitgebrachte adviezen of een onjuiste toepassing/verwerking van haar producten.

BemestingsWijzer
Grasland
P3

Uw klantnummer: 8957924

Provincie Overijssel
Eenhheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice@eurofins-agro.com
I www.eurofins-agro.com

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
	772644/005169979	09-09-2020	21-09-2020

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	4070	1320 - 1930
	C/N-ratio		11	13 - 17
	N-leverend vermogen	kg N/ha	185	95 - 145
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	4	20 - 30
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	660	240 - 335
	C/S-ratio		70	50 - 75
	S-leverend vermogen	kg S/ha	16	20 - 30
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	5,6	2,6 - 3,8
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	315	140 - 200
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	195	90 - 130
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	135	100 - 150
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	10	85 - 200
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	1170	1015 - 1520
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	230	105 - 160
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	225	60 - 160
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	15	60 - 100
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	25	25 - 40
Fysisch	Zuurgraad (pH)		5,0	5,0 - 5,7
	C-organisch	%	3,9	
	Organische stof	%	7,4	
	C/OS-ratio		0,53	0,45 - 0,55
	Koolzure kalk	%	< 0,2	2,0 - 3,0
	Klei (<2 µm)	%	1	
	Silt (2-50 µm)	%	7	
	Zand (>50 µm)	%	85	
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	74	> 84
	CEC-bezetting	%	92	> 95
	Ca-bezetting	%	66	75 - 85
	Mg-bezetting	%	21	6,0 - 10
	K-bezetting	%	3,9	2,0 - 5,0
	Na-bezetting	%	1,2	1,0 - 1,5
	H-bezetting	%	< 0,1	< 1,0
	Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0
Verslemping	rapportcijfer	8,5	6,0 - 8,0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

60233

0022

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch	Vochthoudend vermogen	mm	23						
	Microbiële biomassa	mg C/kg	706	370 - 1110					
	Microbiële activiteit	mg N/kg	119	125 - 175					
	Schimmel/bacterie-ratio		0,7	0,7 - 1,0					

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 61	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-PAE)	= 4,7	mg P/kg
Pw-getal	= 64	mg P_2O_5/l

Advies **Stikstof (N)** **2021 t/m 2024**

	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	312	zeer licht weiden	< 1000	45	12	10	10	12	11	11
		licht weiden	1000 - 1500	64	17	30	30	27	24	22
		normaal weiden	1500 - 2000	79	43	45	45	41	35	29
		licht maaien	2000 - 2500	93	65	60	60	49	41	
		normaal maaien	2500 - 3000	102	85	71	71	55		
		zwaar maaien	> 3000	108	102	80	80			
		standweiden		65	-	48	37	39	30	30

		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	2021 1e snede	2021 volgende snedes	2022 t/m 2024 1e snede	2022 t/m 2024 volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	0 (2e snede)	35	0 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		15	0	25	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		15	0	25	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	15	20 (3e maaien)	25	20
		normaal maaien	> 2500	15	25 (3e maaien)	25	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		0	0	0	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		0	0	0	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	35	40	40	50
		normaal maaien	> 2500	75	60	80	80

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	120	120	120	120

		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	2021 1e snede	2021 volgende snedes	2022 t/m 2024 1e snede	2022 t/m 2024 volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)			50	50 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)			25	25 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	625	-	-	-
		Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 155			

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	0
	Calcium (CaO)	eenmalig	345
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
De P-buffering is 13 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 31

Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

Organische stof

Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 2,6

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Netto toename van effectieve organische stof.

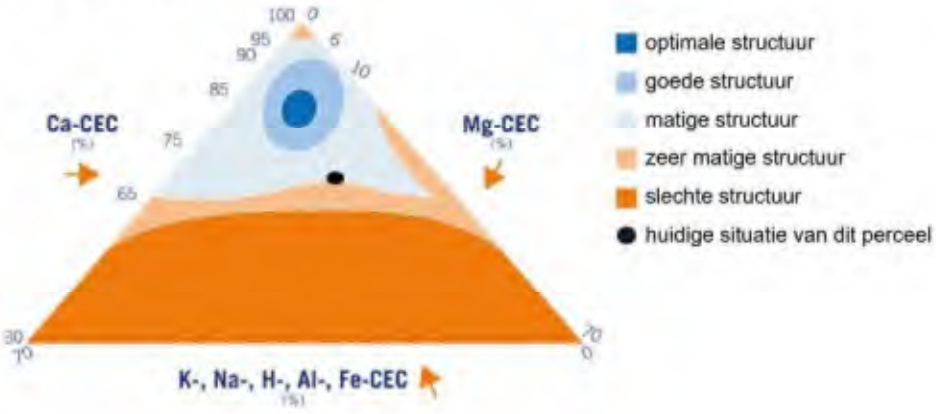
Figuur: Kwaliteit van de organische stof

Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek



Figuur: Textuurdriehoek

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

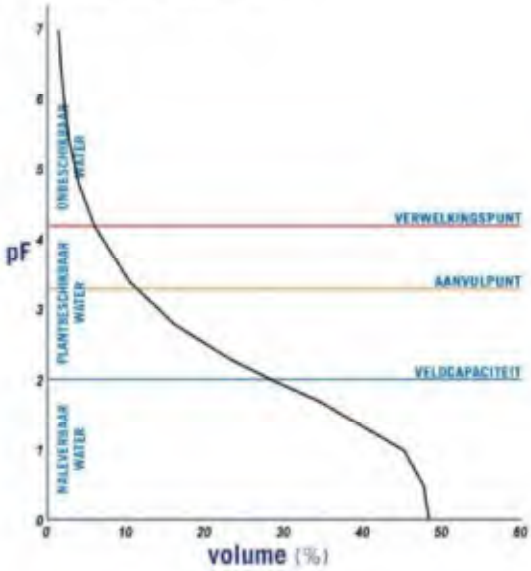
Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Fysisch

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 23 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 11,4 % vocht zit en geef dan 17 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, 5.1.2e
Contactpersoon monstername:	5.1.2e 5.1.2e
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Normaal

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Methode Analyse resultaten

	Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
N-totale bodemvoorraad	3420	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
S-plantbeschikbaar	3,7	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
S-totale bodemvoorraad	555	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
P-plantbeschikbaar	4,7	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
P-bodemvoorraad	61	mg P_2O_5/100 g	Em: NIRS (TSC®)	
K-plantbeschikbaar	162	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
K-bodemvoorraad	2,9	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Ca-plantbeschikbaar	0,1	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
Ca-bodemvoorraad	65	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Mg-plantbeschikbaar	195	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
Mg-bodemvoorraad	15,5	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Na-plantbeschikbaar	11	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
Na-bodemvoorraad	0,9	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Zuurgraad (pH)	5,0		Em: NIRS (TSC®)	
C-organisch	3,9	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
Organische stof	7,4	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
C-anorganisch	0,06	%	Em: NIRS (TSC®)	
Kooltzure kalk	< 0,2	%	Em: NIRS (TSC®)	
Klei (<2 µm)	1	%	Em: NIRS (TSC®)	
Silt (2-50 µm)	7	%	Em: NIRS (TSC®)	
Zand (>50 µm)	85	%	Em: NIRS (TSC®)	
Klei-humus (CEC)	74	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Microbiële biomassa	706	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Microbiële activiteit	119	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Schimmel biomassa	234	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Bacteriële biomassa	325	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 15-09-2020

KWR 2021.003 | Mei 2021

Evaluatie monitoring procesindicatoren De Bruuk

KWR

Bridging Science to Practice

Evaluatie monitoring procesindicatoren De Bruuk

KWR 2021.003 | Mei 2021

Opdrachtnummer
403407

Projectmanager
5.1.2e

Opdrachtgever
Provincie Gelderland

Auteurs
5.1.2e 5.1.2e en 5.1.2e

Kwaliteitsborger
5.1.2e, gedelegeerd door 5.1.2e

Verzonden naar
Provincie Gelderland

Keywords
Rapporteren, monitoring, effecten maatregelen, grondwater, bodemchemie, vegetatie

Jaar van publicatie
2021

Meer informatie
5.1.2e
T 5.1.2e
E 5.1.2e@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

Mei 2021 ©
Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier.

Samenvatting

Inleiding en doel opdracht

In De Bruuk zijn (herstel)maatregelen uitgevoerd. De herstelmaatregelen komen voort uit het Beheerplan Natura 2000 69 - Bruuk. Om de effecten van de herstelmaatregelen in beeld te brengen is een meetnet procesindicatoren ingericht. Dit rapport beschrijft de resultaten van de evaluatie van monitoringsgegevens van procesindicatoren in De Bruuk. Deze procesindicatoren zijn variabelen die op relatief korte termijn veranderingen als gevolg van genomen (herstel)maatregelen kunnen indiceren. Aangezien veranderingen in vegetatie- en habitattypen in het algemeen traag verlopen, is het idee dat door monitoring van procesindicatoren de effectiviteit van maatregelen sneller kan worden vastgesteld.

Een dergelijke evaluatie van de procesindicatoren is in de provincie Gelderland nog niet eerder uitgevoerd. Het doel van dit (pilot)project is dan ook om enerzijds ervaring op te doen met deze evaluatie, en anderzijds om een rapportageformat op te stellen dat ook voor de evaluatie in andere Gelderse Natura 2000-gebieden kan worden gebruikt.

De resultaten van deze evaluatie dienen zowel inzicht te geven in de mate waarin de doelstellingen t.a.v. de aangewezen habitattypen worden behaald, als in de mate van systeemherstel. Daarbij wordt beoogd om per maatregel-habitattype-combinatie de effectiviteit van de maatregel in beeld te brengen en zo te bepalen of wellicht aanvullende maatregelen nodig zijn.

Naast deze evaluatie van monitoringsgegevens, is ook beoordeeld hoe de monitoring zelf is vormgegeven. Hierbij is ingegaan op zaken als geschiktheid van het meetplan om de effectiviteit van de (herstel)maatregelen te beoordelen, en of de monitoring volgens meetplan is geïmplementeerd.

Resultaten en conclusie evaluatie meetplan

Het meetplan is volgens de procesindicatoren systematiek opgesteld en voorziet in de monitoring van de juiste procesindicatoren. Er zijn wel verschillende punten ter verbetering te benoemen, zowel t.a.v. het meetplan zelf als t.a.v. de monitoringsgegevens. De belangrijkste bevindingen zijn:

- Breid het meetplan uit zodat:
    - Meetpunten meer verspreid over het gebied komen te liggen en zo beter representatief zijn voor het voorkomen van habitattype H6410 Blauwgraslanden.
    - Meetpunten ook in de overige habitattypen liggen en ontwikkelingen kunnen worden gevolgd.
- Voeg een overzicht toe waarin per meetpunt wordt aangegeven wat het meetdoel is. Dit overzicht dient de volgende informatie te bevatten: aanwezig of representatief habitattype, idem m.b.t vegetatietype/plantengemeenschap (of relatie daarmee), te meten procesindicatoren, (ecohydrologische) doelstelling, (modelmatig) voorspeld effect maatregelen. Op die manier worden de meetvragen duidelijk. Doe dit niet alleen voor het habitattype H6410 Blauwgraslanden maar ook voor de andere aanwezige habitattypen.

- Verduidelijk en standaardiseer de evaluatie van de monitoringsgegevens. Op deze manier wordt minder geleund op inzet van externe deskundigen waardoor de evaluatie minder subjectief wordt en meer uniform en reproduceerbaar.

- Breng de grondwatermeetreeksen op orde (controleren, aanvullen en valideren van data) om zo betere analyse van deze reeksen mogelijk te maken.

- Werk de systematiek om ontwikkelingen in vegetatie te duiden aan de hand van indicatiewaarden van afzonderlijke plantensoorten verder uit.

Resultaten en conclusie evaluatie monitoringsgegevens

De maatregelen in De Bruuk zijn gericht op H6410 Blauwgraslanden. Dit habitattype beslaat een aanzienlijk deel van het gebied. Het habitattype is afhankelijk van voldoende hoge grondwaterstanden en van de aanvoer van basenrijk grondwater tot in de wortelzone. De maatregelen zijn erop gericht deze condities voldoende te verbeteren. Een deel van maatregelen is al vóór het vaststellen van de PAS-gebiedsanalyse in 2015 uitgevoerd. Dit betreffen interne maatregelen. Sindsdien waren, tot 2020, geen maatregelen meer uitgevoerd. De uitgevoerde monitoring in 2019 en 2020 kan daarom worden gezien als monitoring van een "nul-situatie" voor de nog te nemen maatregelen. De effecten van de eerder genomen maatregelen kunnen met de huidige monitoring niet goed worden vastgesteld. Dat geldt ook voor het bepalen van de effectiviteit van herstelmaatregelen voor elke maatregel-habitattype combinatie. Om dit te kunnen doen is het noodzakelijk om de procesmonitoring voort te zetten en op onderdelen te optimaliseren.

Enkele analyses konden wel worden uitgevoerd. Analyses van de grondwaterstanden lieten zien dat op de meeste locaties de berekende GVG en GLG binnen het kernbereik van H6410 Blauwgrasland vallen. Op vier van de negen locaties met H6410 Blauwgrasland voldoet ook de Olsen-P aan de gestelde grens t.a.v. voedselrijkdom van 300 µmol/l, op twee locaties ligt de waarde tussen 300 en 600 µmol/l, en op één even daarboven. Twee locaties hebben opvallend hoge P-Olsenwaarden. Het betreft voormalige landbouwgronden, waar wel al H6410 ontwikkeld is. Verdere monitoring moet uitwijzen of de hoge P-beschikbaarheid hier leidt tot ongewenste ontwikkeling. De zuurgraad van de bodem, een zeer belangrijke paramater voor dit habitattype, kon echter niet worden beoordeeld vanwege het ontbreken van metingen van pH-H_2O. Op basis van de vegetatie lijkt verzuring echter wel het belangrijkste probleem in De Bruuk. Het is dus van belang de pH-H_2O te monitoren en op kwelherstel gerichte maatregelen te nemen.

Aanbevelingen

Naast een aantal gebiedspecifieke aanbevelingen zijn ook enkele algemene aanbevelingen naar voren gekomen. De belangrijkste zijn:

- Houdt voor elk gebied een lijst bij van de uitgevoerde (herstel)maatregelen met onder meer locatie en jaar van uitvoering. Deze informatie is van belang om de effecten van maatregelen op procesindicatoren te kunnen bepalen.

- Meerjarige monitoringsgegevens zijn zeer waardevol. In gebieden waar ook oudere (monitorings)gegevens beschikbaar zijn, is het van meerwaarde om die gegevens bij de evaluatie te betrekken, ondanks dat dit niet een standaard onderdeel van de procesindicatoren monitoring is.

Inhoud

Samenvatting		**4**
Inhoud6		
1	**Inleiding en afbakening opdracht**	**8**
1.1	Doel opdracht	8
1.2	Afbakening opdracht en leeswijzer	9
1.3	Leeswijzer	9
2	**Overzicht basisinformatie**	**10**
2.1	Natura 2000 doelstellingen	10
2.2	Herstelmaatregelen	11
2.2.1	Conclusies:	12
2.3	Procesindicatoren in relatie tot maatregelen en habitattypen	12
3	**Review procesmonitoring en beoordeling**	**16**
3.1	Geschiktheid meetplan procesmonitoring	16
3.1.1	Grondwaterstanden	16
3.1.2	Debietmeting Leigraaf	17
3.1.3	Grondwaterkwaliteit	18
3.1.4	Bodemchemie	18
3.1.5	Flora en vegetatie	20
3.1.6	Monitoring maatregelen	21
3.1.7	Eindoordeel en aanbevelingen	21
3.2	Implementatie meetplan procesmonitoring	22
3.3	Aanlevering monitoringsdata	22
3.3.1	Grondwaterstanden	22
3.3.2	Oppervlaktewaterafvoer	23
3.3.3	Grondwaterkwaliteit	23
3.3.4	Bodemchemie	23
3.4	Gebruik van oudere gebiedsgegevens	25
3.5	Conclusie en aanbevelingen t.a.v. meetplan en monitoringsgegevens	25
4	**Toestandbeoordeling habitattype**	**26**
5	**Toestand en trendbeoordeling procesindicatoren**	**30**
5.1	Grondwaterstand	30
5.1.1	Achtergrond:	30
5.1.2	Aanpak	30
5.1.3	Toelichting en resultaten data-analyse	30
5.1.4	Conclusies en aanbevelingen	36
5.2	Grondwaterkwaliteit	36

5.2.1	Achtergrond en aanpak	36
5.2.2	Toelichting en resultaten data-analyse	36
5.2.3	Trend waterkwaliteit	38
5.2.4	Conclusies en aanbevelingen:	39
5.3	Bodemchemie	40
5.3.1	Achtergrond en aanpak	40
5.3.2	Toelichting en resultaten data-analyse	40
5.3.3	Conclusie en aanbevelingen	42
5.4	Ontwikkeling vegetatie	42
5.4.1	Achtergrond	42
5.4.2	Aanpak	43
5.4.3	Toelichting en resultaten data-analyse	44
5.4.4	Conclusies en aanbevelingen	48
6	**Conclusies effectiviteit per herstelmaatregel-habitattype combinatie**	**50**
7	**Conclusies herstel op gebiedsniveau**	**52**
7.1.1	Conclusies doelstellingen op gebiedsniveau	52
7.1.2	Visualisatie beoordeling toestand en trend per meetlocatie	52
7.1.3	Aanbevelingen	53
8	**Literatuurlijst**	**54**
9	**Bijlagen**	**56**
I	Overzicht (herstel)maatregelen De Bruuk	**56**
II	Meetreeksen en tijdreeksmodellen peilbuizen	**57**
III	Waterkwaliteit grondwaterbuizen 2019/20	**84**
IV	Ontwikkeling Waterkwaliteit grondwaterbuizen 2009-2019/20 en detailbeschrijving data-analyse waterchemie	**89**
V	Bodemkwaliteit 2019 en detailbeschrijving data-analyse bodemchemie	**91**
VI	Permanente quadraten in grid-transecten	**93**

1 Inleiding en afbakening opdracht

In het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) zijn voor stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden knelpunten en maatregelen beschreven in een gebiedsanalyse. De maatregelen zijn opgenomen in het Beheerplan Natura 2000 69 - Bruuk. In de Provincie Gelderland zijn vanaf 1 juli 2015 herstelmaatregelen uitgewerkt en voor een deel al uitgevoerd. Om te kunnen beoordelen of uitgevoerde herstelmaatregelen tot de gewenste effecten leiden en om eventueel tijdig te kunnen bij sturen, is monitoring essentieel. In 2017 zijn voor alle Gelderse Natura 2000 gebieden met stikstofgevoelige habitattypen meetplannen voor monitoring van procesindicatoren opgesteld. Deze procesindicatoren zijn variabelen die op relatief korte termijn veranderingen kunnen indiceren. Voor een groot deel gaat het hierbij om abiotische variabelen zoals bijvoorbeeld grondwaterkwaliteit en –kwantiteit en bodemchemie, maar ook om een aantal indicatieve plantensoorten. Dit met het idee dat op deze manier de effecten van herstelmaatregelen in beeld kunnen worden gebracht, nog voor verbeteringen van de Natura 2000-habitattypen zelf zichtbaar zijn.

1.1 Doel opdracht

Het doel van dit project: Om ervaring op te doen met én ter voorbereiding op de rapportages over de procesmonitoring in 2021, heeft de Provincie Gelderland aan KWR Water opdracht gegeven een pilot uit te voeren waarbij voor twee Natura 2000-gebieden De Bruuk, en Empese en Tondense Heide een gebiedsrapportages op wordt gesteld. Binnen deze opdracht worden drie onderdelen onderscheiden:

1) Beoordeling van de monitoringsresultaten om te komen tot een beschrijving van de effectiviteit van de genomen maatregelen;

2) Beoordeling van de opzet (compleetheid) en uitvoering van het meetplan procesindicatoren

3) Opzetten van een standaard format voor de gebiedsbeoordelingen die in 2021 voor de Gelderse Natura 2000-gebieden moeten worden uitgevoerd.

In onderdeel 1 wordt gepoogd antwoord te geven op onderstaande vragen, waarbij het nadrukkelijk de bedoeling is om gebiedskennis, ecologische kennis en kennis over de uitvoering van betreffende terreinbeheerders en provinciale medewerkers te betrekken.

1.1. Kan op basis van de monitoringsresultaten worden geconcludeerd dat op gebiedsniveau zodanig systeemherstel optreedt dat behoud en herstel van stikstofgevoelige habitattypen op termijn te verwachten is?

1.2. Indien dit niet het geval is: voor welke habitattypen geldt dit dan en is aan te geven waardoor dit veroorzaakt wordt?

1.3. Is op basis van de monitoringsresultaten en gebiedskennis te verwachten dat met de reeds voorgenomen maar nog uit te voeren herstelmaatregelen het gewenste systeemherstel alsnog bereikt zal worden, of zijn er aanvullende maatregelen nodig?

1.4. Is het mogelijk om per habitattype-maatregel combinatie een onderbouwde beoordeling van de effectiviteit van de maatregel te geven?

Onderdeel 2 richt zich op de volgende vragen:

2.1. Is de opgezette monitoring geschikt om de effectiviteit van de Natura 2000 maatregelen te beoordelen? Welke aanbevelingen zijn er?

2.2. Is de monitoring geïmplementeerd volgens het meetplan? Zijn eventuele afwijkingen gewenst of ongewenst?

2.3. Zijn de verzamelde monitoringdata toegankelijk en duidelijk? Welke aanbevelingen zijn er?

2.4. Bieden de data voldoende informatie om de gevraagde beoordeling uit te voeren en hoe is de beoordeling uitgevoerd? (welke tools zijn gebruikt, welke rol heeft expert-judgement gespeeld, welke rol heeft de beheerder gespeeld). Welke aanbevelingen zijn er?

Overigens zullen deze onderdelen in dit rapport in omgekeerde volgorde worden behandeld en wordt in hoofdstuk 2 gestart met beantwoording van de vragen van onderdeel 2.

1.2 Afbakening opdracht en leeswijzer

Het meetplan procesindicatoren is alleen gericht op het in beeld brengen van de ontwikkelingen in het gebied door monitoring van verschillende procesindicatoren sinds de eerste beheerplanperiode. Voor een gebied als De Bruuk, waar decennialang maatregelen en ingrepen hebben plaatsgevonden en externe factoren belangrijk zijn voor een (goed) functioneren van het systeem, is een dergelijke afbakening te beperkt gebleken. In overleg met provincie Gelderland hebben wij daarom ook historische gegevens gebruikt om veranderingen in het gebied te kunnen duiden. De resultaten van die analyse zijn vermeld in een aanvullend rapport (Jalink, 2020).

Een conceptversie van deze rapportage is op 30 november 2020 tijdens een werksessie met gebiedsdeskundigen van terreinbeheerder, provincie en waterschap besproken. Input uit die werksessie is meegenomen in deze definitieve versie van dit rapport.

1.3 Leeswijzer

In dit rapport wordt eerst informatie over doelstellingen en (voorgenomen) maatregelen van het (deel)gebied gegeven (Hoofdstuk 2). Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 ingegaan op het meetplan zelf. Daarbij wordt ingegaan op de geschiktheid van het meetplan en hoe de monitoring in de praktijk geïmplementeerd is. Vervolgens worden de resultaten van de evaluatie van de monitoringsgegevens gepresenteerd. Eerst wat betreft de toestand van de aanwezige habitattypen (hoofdstuk 4) en daarna van toestand en trend van de gemonitorde procesindicatoren (hoofdstuk 5). In hoofdstuk 6 wordt de effectiviteit van herstelmaatregelen voor elke maatregel-habitattype beschreven. Het rapport eindigt met conclusies en aanbevelingen t.a.v. het behalen van de doelstellingen op gebiedsniveau (hoofdstuk 7).

2 Overzicht basisinformatie

2.1 Natura 2000 doelstellingen

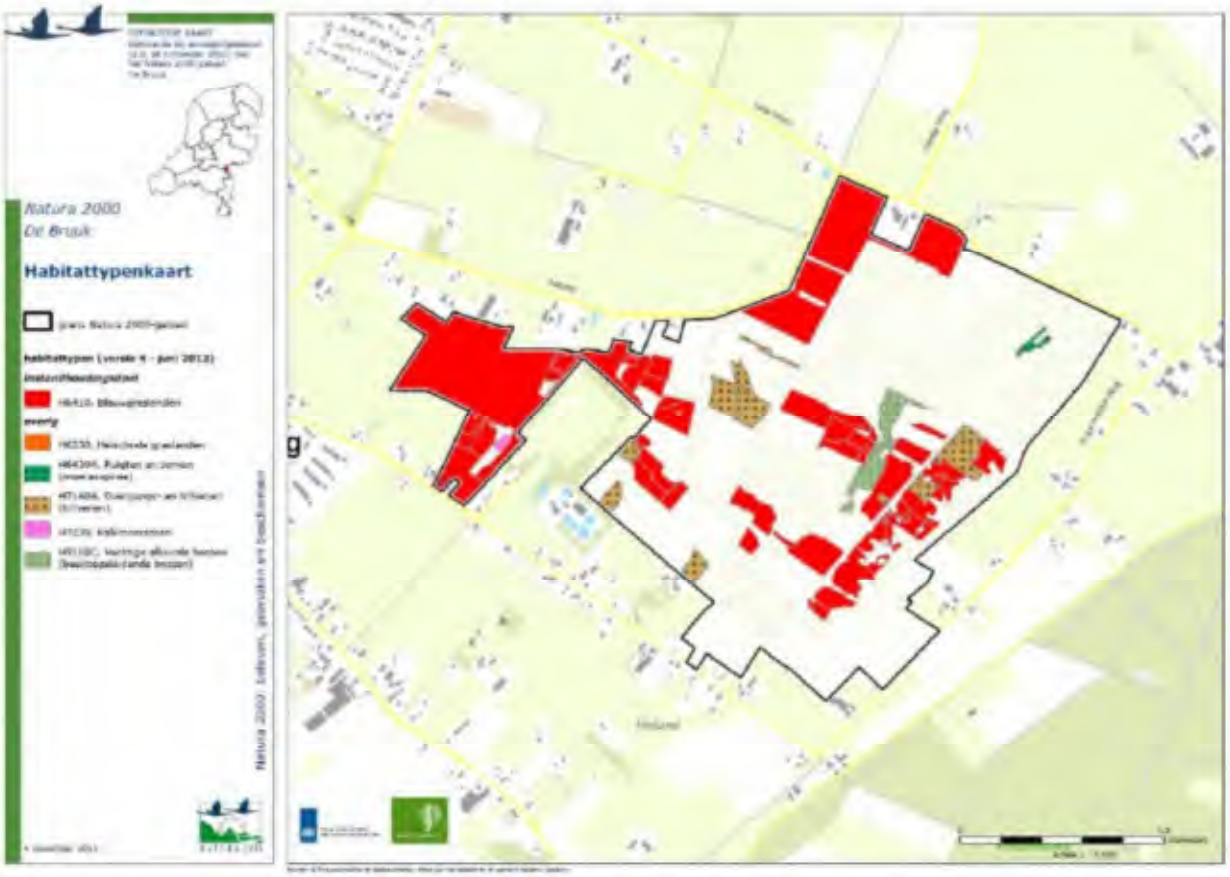
De instandhoudingsdoelstellingen voor De Bruuk zijn vermeld in tabel 2.1. Voor H6410 Blauwgraslanden zijn uitbreidings- en verbeteringsdoelen vastgesteld. De maatregelen zijn gericht op dit habitattype. De ligging van het habitattype is weergegeven in figuur 2.1. Behalve H6410 Blauwgraslanden komen in De Bruuk ook enkele andere habitattypen voor, namelijk H6230 Heischrale graslanden, H7230 Kalkmoerassen, H6430A Ruigten en zomen (Moerasspiraea), H7140A Trilvenen en H91E0C Alluviale bossen (beekbegeleidende bossen). Voor deze habitattypen zijn voor de eerste beheerplan periode geen instandhoudingsdoelen en (herstel)maatregelen geformuleerd en worden in deze evaluatie derhalve niet uitgewerkt. Inmiddels zijn voor deze habitattypen wel ontwerp doelstellingen geformuleerd door het Ministerie van LNV. Wanneer deze doelstellingen definitief worden moet het meetplan procesindicatoren hierop worden uitgebreid zodat ook in deze habitattypen voldoende meetpunten komen te liggen om ontwikkelingen te kunnen volgen.

Tabel 2.1 Instandhoudingsdoelstellingen voor het Natura 2000-gebied De Bruuk (Aanwijzngsbesluit, ministerie EZ, 2013).

		LSVI	Relatieve bijdrage	Doelstelling Oppervlak	Doelstelling Kwaliteit	Kernopgaven
H6410	Blauwgraslanden	--	++	>	>	5.05,W

Legenda

LSVI	*Landelijke Staat van Instandhouding (-- zeer ongunstig; - matig ongunstig; + gunstig)*
Relatieve bijdrage	*Relatieve bijdrage aan landelijk doel (++ groot; + gemiddeld; - klein)*
Doelstelling	*= behoudsdoelstelling; > verbeter- of uitbreidingsdoelstelling; =(<) 'ten gunste van' formulering*
Kernopgave	*Kernopgaven geven per Natura 2000-landschap de belangrijkste verbeteropgaven weer op basis van aangewezen habitattypen en soorten.*
5.05	*Kernopgave Schraalgraslanden: Herstel kwaliteit en uitbreiding areaal van heischrale graslanden *H6230 en blauwgraslanden H6410.*
W	*Wateropgave, deze wordt toegekend aan kernopgave die gebonden zijn aan habitattypen of soorten die afhankelijk zijn van grond- of oppervlaktewater.*



Figuur 2.1. Habitattypenkaart De Bruuk (bron: Natura 2000 beheerplan, DLG, 2016).

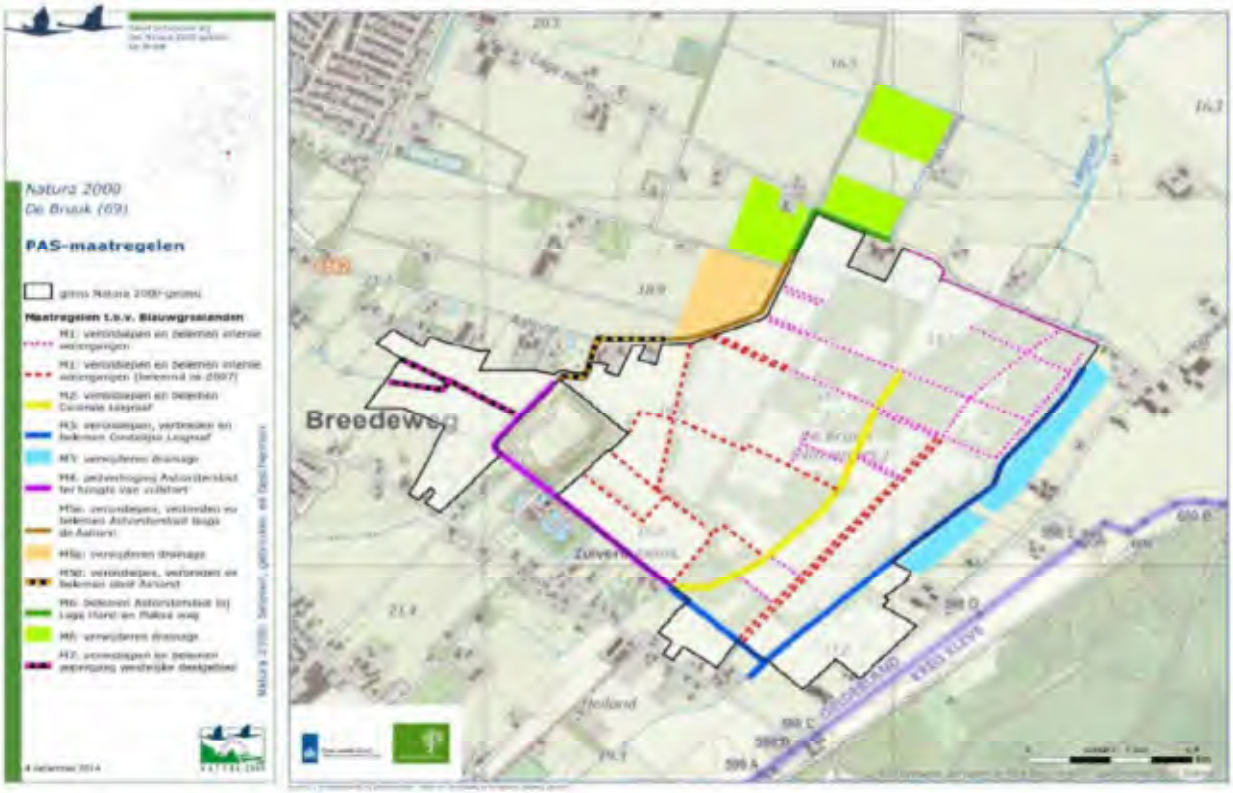
2.2 Herstelmaatregelen

Figuur 2.2 toont de kaart met maatregelen (N2000-beheerplan, 2016). Dit zijn allemaal maatregelen voor verbetering van de waterhuishouding ten behoeve van H6410 Blauwgrasland. Uit de gegevens in het door Provincie Gelderland aangeleverde GIS-bestand blijkt dat een aantal interne maatregelen al was genomen in de periode 2007-2015 (M1: Verondiepen en belemen interne watergangen (beleemd na 2007); M2: Verondiepen en belemen Centrale Leigraaf). Exacte data van uitvoering zijn niet vermeld.

In aanvulling op de maatregelenkaart uit het beheerplan bevat het GIS-bestand ook een aantal vlakken M10: Ondiep plaggen sterk verzuurde schraallanden H6410, deze werkzaamheden zijn nog niet uitgevoerd.

Behalve maatregelen worden in en rond De Bruuk al decennia maatregelen genomen die van invloed (kunnen) zijn op De Bruuk. Het is niet duidelijk in hoeverre zulke maatregelen nog doorwerken in de processen die worden gemonitord.

Een aanbeveling is daarom om een lijst bij te houden van de uitgevoerde herstelmaatregelen met jaar van uitvoering. Deze informatie is van belang om de effecten van maatregelen op procesindicatoren te kunnen bepalen. Voor De Bruuk is gestart met het opstellen van een dergelijk overzicht (Bijlage 9-I, zie ook Jalink, 2021).



Figuur 2.2.: maatregelen (Bron : Natura 2000 beheerplan, DLG, 2016, bijlage 13).

2.2.1 Conclusies:

- Er is geen sprake van een stabiele nul-situatie, want in de periode voorafgaand aan het vaststellen van de PAS-gebiedsanalyse en Natura 2000 beheerplan (2007-2015) zijn immers intern sloten verondiept en beleemd.

- De genomen maatregelen zijn enkel intern: ze kunnen leiden tot interne herverdeling van kwelwater (naar percelen i.p.v. naar sloten), en tot vernatting (hogere grondwaterstanden en eventueel stagnatie van regenwater en wegdrukken van kwel).

2.3 Procesindicatoren in relatie tot maatregelen en habitattypen

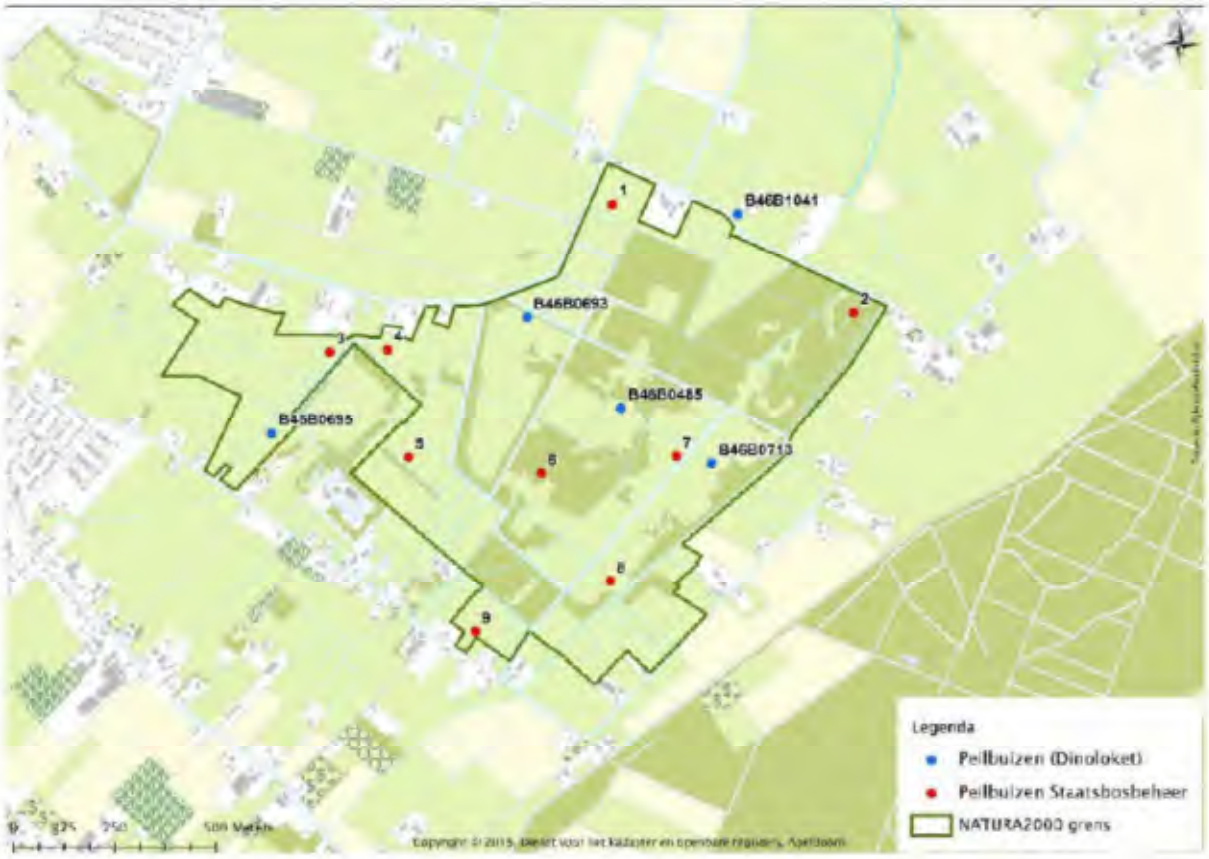
In het meetplan procesindicatoren (Bouwman en Van Os, 2017) is aangegeven welke indicatoren gemonitord moeten worden om de effecten van maatregelen in beeld te brengen (Tabel 2.2). Het betreft de volgende indicatoren :

- Grondwaterstand (peilbuizen)
- Grondwaterkwaliteit
- Debietmeting uitstromend oppervlaktewater
- Bodemchemie
- Vegetatie- en florakartering

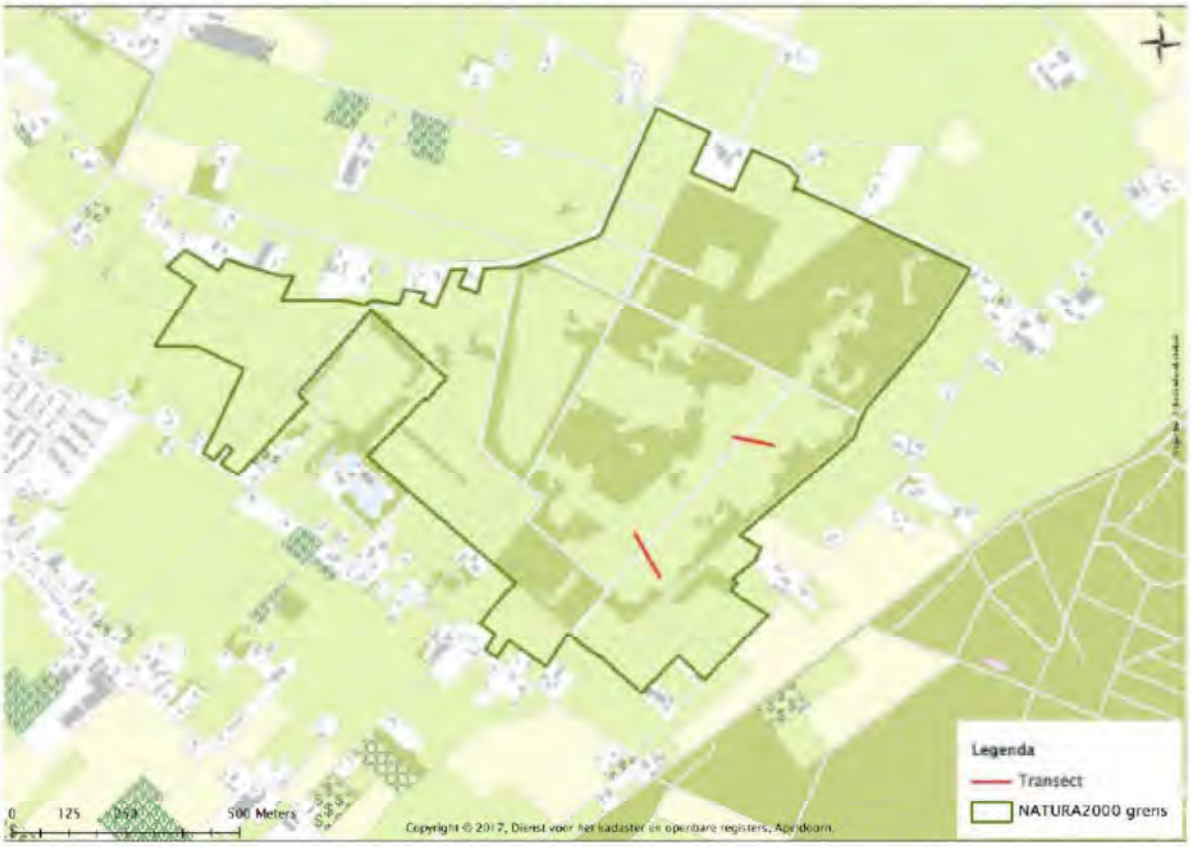
Tabel 2.2: Maatregelen en procesindicatoren (Bron: Bouwman en Van Os, 2017).

Maat regel	Beheer planperiode	Maatregel omschrijving	H6410 Blauwgraslanden
M1	1	Verondiepen en belemen interne sloten en greppels	abiotiek: peilbuizen, grondwaterkwaliteit en bodemchemie soorten
M2	1	Verondiepen en belemen Oude Leigraaf	abiotiek: peilbuizen, grondwaterkwaliteit en bodemchemie soorten
M3	1	Verondiepen, verbreden en belemen Oostelijke Leigraaf inclusief verwijderen drainage	abiotiek: peilbuizen, grondwaterkwaliteit en bodemchemie soorten
M4	1	Peilverhoging Ashorstersloot ter hoogte van vuilstort	abiotiek: peilbuizen, grondwaterkwaliteit en bodemchemie soorten
M5a	1	Verondiepen, verbreden en belemen Ashorstersloot langs de Ashorst inclusief verwijderen drainage (benedenstrooms)	abiotiek: peilbuizen, grondwaterkwaliteit en bodemchemie soorten
M5b	1	Verondiepen, verbreden en belemen Ashorstersloot langs de Ashorst inclusief verwijderen drainage (bovenstrooms)	abiotiek: peilbuizen, grondwaterkwaliteit en bodemchemie soorten
M6	1	Belemen Ashorstersloot bij Lage Horst en Plakse weg	abiotiek: peilbuizen, grondwaterkwaliteit en bodemchemie soorten
M7	1	Verondiepen en belemen watergang westelijk deelgebied	abiotiek: peilbuizen, grondwaterkwaliteit en bodemchemie soorten
M10	1,2,3	Ondiep plaggen van sterk verzuurde schraallanden	vegetatie: kartering soorten
M11	2,3	Omvormen bos en struweel naar Blauwgraslanden	Veldbezoek vegetatie: kartering soorten
M12	2,3	Omvormen voedselrijke graslanden naar Blauwgraslanden	vegetatie: kartering soorten
M8	1	Maatregelen ter voorkoming, beperking en compensatie van natschade als gevolg van hydrologisch herstel: (landbouwfuncties, bebouwing)	geen PI
M9	1	Hydrologisch onderzoek ten behoeve van optimalisering maatregelen ter voorkoming, beperking en compensatie van natschade	geen PI
M13	1	Onderzoek kennisleemten: Invloed vuilstort Dukenburg en Beïnvloedingszone nitraat/sulfaat	geen PI

Voor grondwaterstanden en grondwaterkwaliteit is uitgegaan van de bestaande peilbuizen (figuur 2.3). Nabij de meeste buizen worden ook bodemmonsters genomen. De beoogde florakartering omvat een groot deel van De Bruuk. Daarnaast zijn twee transecten aangegeven waar in detail de soortverspreiding wordt gemonitord.



Figuur 2.3: Locaties peilbuizen (Bouwman en Van Os, 2017).



Figuur 2.4. Globale ligging vegetatietransecten (Bouwman en Van Os, 2017).

Figuur 2.5 Locaties florakartering (Bouwman en Van Os, 2017).

3 Review procesmonitoring en beoordeling

3.1 Geschiktheid meetplan procesmonitoring

Het Meetplan PAS procesindicatoren De Bruuk (Bouwman en Van Os, 2017) is volgens de procesindicatoren systematiek opgesteld en voorziet in de monitoring van de juiste procesindicatoren. Er zijn wel verschillende punten ter verbetering te benoemen, zowel t.a.v. het meetplan zelf als t.a.v. de monitoringsgegevens. Een algemeen verbeterpunt is het toevoegen van een overzicht waarin per meetpunt wordt aangegeven wat het meetdoel is. Dit overzicht dient de volgende informatie te bevatten: aanwezig of representatief habitattype, idem m.b.t vegetatietype/plantengemeenschap (of relatie daarmee), te meten procesindicatoren, (ecohydrologische) doelstelling, (modelmatig) voorspeld effect maatregelen. Op die manier worden de meetvragen duidelijk en kan de beoordelingssystematiek worden geoptimaliseerd. Dit is niet alleen van belang voor het habitattype H6410 Blauwgraslanden maar ook voor de andere aanwezige habitattypen.

In onderstaande paragrafen worden nog een aantal meer specifieke verbeterpunten toegelicht.

3.1.1 Grondwaterstanden

Meetpunten
In de beschrijving van te meten grondwaterstanden wordt in het meetplan een kaart getoond van (in totaal 14) bestaande peilbuizen (figuur 2.3) en gesteld dat al deze punten twee filterdieptes hebben.

Aanbevelingen:

- Er is geen overzicht van coördinaten, filterdieptes en bemeten watervoerende laag. Wij bevelen aan om een dergelijk overzicht in het meetplan op te nemen.

- Van vijf locaties wordt een NITG-nummer gegeven, de overige hebben een lokaal nummer (1-9) gekregen; er is geen overzicht met koppeling NITG-nummers (uniek en duurzaam) en lokale nummers. Ook zijn de lokale nummers anders dan de door Staatsbosbeheer gehanteerde lokale nummers; dit brengt het risico van verwisseling van meetreeksen met zich mee. Om verwarring te voorkomen, bevelen wij aan om de NITG-nummers van peilbuizen als standaard codering te hanteren.

- Het meetnet is ingericht om effecten van maatregelen in beeld te brengen voor zover die binnen het gebied tot uiting komen. Voor De Bruuk zijn echter ook sturende hydrologische factoren vanuit de directe omgeving van belang (denk aan omliggende grondwaterstanden en stijghoogten). Om deze informatie ook mee te kunnen nemen, bevelen wij aan om relevante peilbuizen buiten het gebied te selecteren en die bij de procesmonitoring te betrekken. Welke buizen hiervoor essentieel zijn, zal nader moeten worden bepaald.

Aanbevelingen t.a.v. beoordelingscriteria:

- Corrigeer het in het meetplan vermelde kernbereik GVG. Dit is namelijk onjuist: 5 cm -mv moet zijn -5 cm – mv.

- Verduidelijk de vermelde beoordelingscriteria. Die zijn arbitrair en niet geheel logisch. Bijvoorbeeld:

- Als er geen trend is, geen effect → 0, maar bij voortduren van een onvoldoende toestand zou dit negatief beoordeeld moeten worden: '-'.
- +/- is als oordeel onduidelijk: het betekent hier een positieve trend, maar (nog) niet in aanvullende bereik. Aanbeveling: maak onderscheid in beoordeling van de trend en toestand.

- Het kan voorkomen dat te natte condities ontstaan of voorspeld worden, wat leidt tot lage doelrealisatie. Anders dan bij te droge condities, zijn te natte condities vaak relatief eenvoudig, met bijvoorbeeld interne ingrepen, te verhelpen en is een dergelijke lagere doelrealisatie dan te negatief.
  Aanbeveling: zorg voor goed inzicht in de maaiveldhoogte ter plekke van de peilbuizen in relatie tot die van het te monitoren habitattypen.

- In het meetplan wordt geen melding gemaakt van de voorspelde effecten van de voorgenomen maatregelen. Daardoor is het niet mogelijk om de gerealiseerde effecten te toetsen aan de beoogde effecten en uitspraken te doen over het wegnemen van doelgaten (of anders gezegd: de mate van doelrealisatie).
  Aanbeveling: kwantificeer zoveel mogelijk de beoogde effecten van maatregelen, bijvoorbeeld op basis van hydrologische modelleringen.

3.1.2 Debietmeting Leigraaf

Metingen

De maatregelen beogen een toename van de kwelflux naar De Bruuk zelf (doordat minder kwel wordt afgevangen door ontwatering rond het gebied). Dit zal naar verwachting leiden tot een toename van de afvoer van oppervlaktewater vanuit De Bruuk. In het deel ten oosten van de vuilstort is de Oude Leigraaf de enige afvoer uit het gebied zelf. Ter controle op die toename, en om goede waterbalansen voor en na maatregelen op te stellen, voorziet het meetplan in een debietmeting bij de stuw aan de uitstroomzijde. Om het debiet te bepalen wordt aan de bovenstroomse zijde van de stuw het peil gemeten met een drukopnemer.

Aanbevelingen:

- de relatie tussen peil en debiet is onbekend, het is op basis van de metingen dus niet mogelijk het debiet te bepalen;

- tijdens afvoer helt het peil direct bovenstrooms van de stuw naar de stuw. Het is niet duidelijk wat de positie van het meetpunt binnen deze helling is en of en hoe dat is te vertalen naar het debiet; de relatie tussen peil en afvoer (waterkolom op de stuw x stroomsnelheid) is exponentieel. Peilverschillen van enkele millimeters kunnen samengaan met fors hogere afvoeren, maar vallen naar verwachting binnen de meetfout van de drukopnemer. Een betere methode is het verhang naar de stuw te meten = potentiaalverschil t.o.v. stuwhoogte.

- Wij concluderen daarom dat de huidige inrichting van dit meetpunt niet geschikt is als debietmeting. Tijdens de werksessie met betrokkenen is gebleken dat de debietmeting niet essentieel is voor de monitoring en in de huidige vorm wel waardevolle informatie levert over oppervlaktewaterpeil. Het meetpunt hoeft daarom niet anders te worden ingericht. Wel is het nodig om het meetplan op dit onderdeel aan te passen en in lijn te brengen met doel van dit meetpunt. Ook dient de tekst verwijderd te worden over opstellen waterbalans, dat is immers op basis van deze informatie niet mogelijk.

- Pas tekst meetplan aan op dit onderdeel aan aangezien het nu in tegenspraak is met pagina 17 waar onterecht gesteld wordt dat de maatregelen leiden tot minder afvoer, omdat er meer water in het gebied blijft.

3.1.3 Grondwaterkwaliteit

Metingen
Het meetplan voorziet in monitoring van de kwaliteit in de ondiepe peilbuizen, twee maal in het jaar voorafgaand aan de maatregelen en twee maal in jaar drie na de maatregelen. Voor de bemonstering en chemische analyse wordt verwezen naar een eerder onderzoek (Smolders et al., 2009).

Aanbevelingen:

- Dezelfde als bij grondwaterstandsmetingen, zie 3.1.1;

- Voor habitattype H6410 Blauwgraslanden is het essentieel dat basenrijke kwel tot in wortelzone doordringt. In het huidige meetplan worden alleen de ondiepe filters bemonsterd, waardoor effecten in de diepere peilbuizen buiten beeld blijven. Wij bevelen aan om ook een selectie van diepe filters te bemonsteren om zo de ondiepe grondwaterkwaliteit te kunnen verklaren aan de hand van veranderende kwelflux en kwelwaterkwaliteit op grotere diepte. Welke filters hiervoor geselecteerd dienen te worden, dient nader te worden bepaald.

3.1.4 Bodemchemie

Metingen
Het meetplan voorziet in bemonstering van de bovenste 20 cm op OS (organische stof), Olsen-P, basenverzadiging en totaalconcentraties Ca, Mg, S, P, Fe, Mn, Si, Na, K, Zn. De voorgestelde bemonstering is éénmalig in het derde jaar na uitvoering maatregelen. De monsterpunten (figuur 3 in meetplan) liggen bij de aanwezige peilbuizen. De tekst stelt dat er op basis van aanwezige habitattypen enkele aanvullende locaties zijn aangewezen. De exacte locatiekeuze kan afwijken van figuur 3 als daarvoor aanleiding is. Verder dient te worden aangesloten op de metingen en methode door Smolders et al (2009), die blijkbaar als nulmeting dienen.

Aanbevelingen:

- in het meetplan worden N en pH niet genoemd. N-depositie kan leiden tot N-ophoping in de bodem en tot pH-veranderingen. We bevelen aan om deze aspecten ook mee te nemen in de monitoring;

- het meetplan geeft niet aan hoe in de bemonstering om te gaan met de vaak zeer fijnschalige variatie in bodemchemie, b.v. middels het nemen van mengmonsters van meerdere steken. Onderscheid tussen ruimtelijke en temporele variatie blijft zo onduidelijk;

- het meetplan geeft twee aanvullende meetpunten. Verduidelijk de locatie van deze meetpunten in het meetplan en voeg doelstelling voor deze meetpunten toe.

- Voeg richtlijn toe voor de locatiekeuze bij (toekomstige) peilbuizen. Dichtbij een peilbuis bestaat het risico dat de bodem beïnvloed is door frequente betreding, het lozen van – voorafgaand aan een grondwaterbemonstering - afgepompt water uit de peilbuis en eventueel achtergebleven materiaal uit de boring tijdens plaatsen peilbuis;

- slechts twee monsterpunten bodem uit het onderzoek Smolders et al. (2009) lagen nabij de peilbuizen (figuur 3.1) ; de locaties van andere monsterpunten vallen niet samen met de twee aanvullende meetpunten in het meetplan; hooguit twee meetpunten uit het meetplan liggen op ongeveer dezelfde locatie als die in 2009. Een vergelijk met historische data is hierdoor beperkt mogelijk (zie ook Jalink, 2020). De bemonstering in 2019 dient daarom gezien te worden als "nulmeting" en middels herhaling kunnen ontwikkelen vanaf 2019 in beeld worden gebracht.

- de ondiepe bemonstering door Smolders et al (2009) betrof afwisselend 0-10 of 0-20 cm diepte (daarnaast nog 3 diepere monsters tot meer dan een meter diepte). Vanwege de door Smolders et al (2009) vastgestelde stratificatie in de bodem, is het waarschijnlijk dat de resultaten recente bemonstering conform meetplan, met diepte-interval van 0-20 cm-mv), beperkt vergelijkbaar zijn met de historische waarden. Het is belangrijk om bij toekomstige bemonstering het diepte-interval uit meetplan te handhaven.

- variatie in de stratificatie in de bodem leidt ook tot variatie in soortensamenstelling van de vegetatie (Cirkel et al., 2014), afwisseling van tot bovenin basenrijke standplaatsen en standplaatsen met in de bovenste decimeters wat zuurdere omstandigheden is in De Bruuk niet per definitie slecht, maar vereist wel bemonstering op twee diepten en op meer locaties, zie de eerdere aanbevelingen;

- mogelijk zijn bepaalde locaties na 2009 geplagd, waardoor diepere bodemlagen aan de oppervlakte zijn komen liggen. Maak dit in het meetplan duidelijk.

Figuur 3.1 Ligging monsterpunten bodemchemie (zwart) uit Smolders et al., 2009 (links) en in meetplan (rechts)

Aanbevelingen t.a.v. beoordelingscriteria:
Er worden geen criteria gegeven. Het meetplan vermeld dat dit niet gedaan is vanwege de complexe samenhang tussen individuele parameters en lokale verschillen. Een 'deskundige' dient de totaalbeoordeling te geven. Dit betekent dat de beoordeling afhankelijk is van die deskundigheid, zowel vakinhoudelijk als qua gebiedskennis. Dit geeft risico op verkeerde beoordeling, verschillende aanpak in opeenvolgende beoordelingen en het ontbreken van een uniforme aanpak voor verschillende gebieden. Wij bevelen daarom aan om, uitgaande van de 0-meting en probleemanalyse per meetpunt het meetdoel aan te geven en de scoresystematiek op deze doelen aan te passen. Zie voor meer detail de algemene aanbeveling bij 3.1.

3.1.5 Flora en vegetatie

Metingen

Het meetplan schrijft een vlakdekkende kartering voor van kenmerkende en indicatieve soorten (vaatplanten en mossen), conform de SNL-systematiek (Van Beek et al., 2014). Daarnaast is een tweetal oost-west georiënteerde transecten in de oostelijke percelen aangewezen, waar in detail middels een grid van 2x2 m de soorten worden gekarteerd en in circa 10 % van de cellen een volledige vegetatieopname wordt gemaakt.

Aanbevelingen:

- De beoordeling van de vegetatieopnamen binnen de transecten verloopt via Iteratio en levert indicaties voor milieucondities op, die met de ecologische vereisten vergeleken kunnen worden. Deze aanpak is helder en reproduceerbaar. Voorwaarde is dat de uitvoer van Iteratio analyse in dezelfde termen en eenheden gebeurt als de ecologische vereisten.

- het meetplan stelt dat de transecten representatief zijn. Gezien het beperkte deel van De Bruuk waar ze liggen en de spreiding en variatie in uitvoering van maatregelen geven ze wel informatie over de oostelijke schraallanden en over de effecten van maatregelen aldaar, maar kunnen de resultaten niet worden beschouwd als representatief voor andere delen van De Bruuk. Wij bevelen daarom aan om aanvullende meetpunten op te nemen in de gebiedsdelen die nu onderbelicht blijven. Hierbij is het van belang om aan te sluiten bij de overige habitattypen die ook voor dit gebied zijn aangewezen.

- het meetplan maakt, conform de systematiek voor monitoring van procesindicatoren, geen gebruik van de vlakdekkende vegetatiekarteringen die conform SNL-systematiek eens in de twaalf jaar worden uitgevoerd (o.a. kartering 2007 waarop de huidige habitatkaart is gebaseerd en kartering 2019). Weliswaar is de frequentie slechts eens per twee beheerplanperioden en dus lager dan de frequentie van de rapportage monitoring, maar de karteringen bieden harde gegevens over de toestand en ontwikkeling van de habitattypen. Indien voorhanden, bevelen wij aan om toch ook deze gegevens te gebruiken om ontwikkelingen van de vegetatie vlakdekkend in beeld te brengen. Aanbevelingen t.a.v. beoordelingscriteria:

- Bij de kenmerkende soorten (tabel 8 in meetplan) wordt op basis van de florakartering een apart oordeel opgesteld voor de verspreiding en het aantal. Daarnaast wordt de bedekking van veenmossen beoordeeld. Bij verspreiding is echter niet duidelijk hoe om te gaan met gelijktijdig verdwijnen op ene locatie en verschijnen op andere locatie. In De Bruuk is dit een regelmatig voorkomend fenomeen: soorten verdwijnen op verzurende gronden en verschijnen weer (tijdelijk) als met plaggen basenrijke bodemlagen zijn blootgelegd. Als deze weer verzuren, verdwijnen de soorten weer.
  Aanbeveling: beoordeel effecten van plaggen op aanwezigheid (terugkeer) van soorten alleen als positief indien tegelijkertijd de hydrologie hersteld is/wordt, waardoor de uitloging en verzuring van de bodem stopt.

- Bij het aantal kenmerkende soorten is niet duidelijk hoe om moet worden gegaan met veranderingen in aantal exemplaren per soort. Zo is bijvoorbeeld de aanwezigheid van soorten als Blauwe knoop en Spaanse ruiter positief, maar deze soorten moeten ook weer niet gaan domineren.
  Aanbeveling: beoordeel toestand en trends van vegetatie/plantensoorten zowel op basis van aantal plantensoorten als op de mate van bedekking per soort.

- Veenmossen horen niet onder de kenmerkende soorten (tabel 8) , maar onder de indicatorsoorten (tabel 9 in meetplan). De + en – score staan fout in de tabel: toename veenmossen moet '- 'scoren, afname

veenmossen mag '+'scoren, overigens alleen als ze niet vervangen worden door droogte-indicerende soorten zoals Haakmos en Haarmos.

- Bij de indicatorsoorten wordt beoordeeld op verspreiding. Het is niet gedefinieerd hoe dat moet gebeuren en wat de indicatiewaarden (tabel 3 in meetplan) van de verschillende soorten zijn. Dit wordt aan een deskundige overgelaten. Hierdoor wordt deze beoordeling persoonsafhankelijk, dus mogelijk niet uniform in de tijd en tussen Natura 2000-gebieden onderling. Ook worden verschillen in bedekking of dominantie van indicatorsoorten niet benoemd, terwijl deze vaak heel indicatief zijn.

- Bij de transecten wordt het oordeel m.n. gebaseerd op de kenmerkende soorten voor het habitattype, indicatorsoorten worden alleen gebruikt ter ondersteuning van het oordeel (door deskundige, methodiek wordt niet benoemd). De aanpak in tabel 10 van meetplan lijkt helder, maar het is niet duidelijk wanneer sprake is van een trend. Wanneer de ene kenmerkende soort in aantal achteruitgaat, terwijl een andere nieuw verschijnt, wat is dan de trend ? Ook hier wordt het aan deskundige overgelaten.

- Aanbeveling t.a.v.. indicatorsoorten: Werk voor elk in het gebied voorkomende vegetatietype (mits kwalificerend voor een habitattype) uit welke indicatie kan worden toegekend aan indicatorsoorten. Maak hierbij onderscheid tussen: het verschijnen van soorten, en voorkomen in lage of juist hoge bedekkingen. De uitgangsvegetatie en de gewenste ontwikkeling bepalen dan of een soort positief, neutraal of negatief scoort in de beoordeling (zie tekstkader 1). Door deze scoringssystematiek al in het meetplan uit te werken, wordt de keuze van indicatorsoorten helder onderbouwd en hoeft dit bij de evaluatie van de procesmonitoring niet te worden uitgewerkt. Zo nodig kan bij de evaluatie, afhankelijk van gewenste verdere ontwikkeling de beoordeling (in termen +/-) worden geactualiseerd.

Tekstkader 1 Toelichting beoordeling afhankelijk van uitgangssituatie
In een goedontwikkeld Blauwgrasland-associatie wijst sterke toename van Veldrus vaak op het vervangen van wat diepere kwel door laterale toestroming, wat vaak samengaat met verzuring (dus score –). Uitgaande van de Veldrus-associatie of de RG Veldrus-Veenmos geeft deze soort geen indicatie. Uitgaande van de andere rompgemeenschappen binnen dit habitattype indiceert de soort mogelijke ontwikkeling naar de Veldrusassociatie, die een goede kwaliteit aangeeft (score +). Sterke toename tot hoge bedekkingen van Blauwe knoop en/of Spaanse ruiter zijn in goed ontwikkeld Blauwgrasland vaak een teken van verdroging (score -). Uitgaande van de meeste rompgemeenschappen en in verschralingsreeksen wijst het echter op een schralere en/of wat basenrijkere standplaats (score +).

3.1.6 Monitoring maatregelen

Het meetplan richt zich enkel op (de effecten van) maatregelen die in het kader van het voormalige PAS zijn opgesteld. De effecten van andere (herstel)maatregelen worden niet in beschouwing genomen. Het is belangrijk om van die categorie maatregelen, indien voor gebied relevant (zoals in het geval van De Bruuk) goed te documenteren en te beschrijven waar, wat, en wanneer is uitgevoerd. De wijze van documentatie is niet beschreven.

3.1.7 Eindoordeel en aanbevelingen

Het meetplan is volgens de procesindicatoren systematiek opgesteld en voorziet in de monitoring van de juiste procesindicatoren. Er zijn wel verschillende punten ter verbetering te benoemen:

- Breid het meetplan uit zodat:
    - Meetpunten meer verspreid over het gebied komen te liggen en zo beter representatief zijn voor het voorkomen van habitattype H6410 Blauwgraslanden.

- Meetpunten ook in de overige habitattypen liggen en ontwikkelingen kunnen worden gevolgd.

- Voeg een overzicht toe waarin per meetpunt wordt aangegeven wat het meetdoel is. Dit overzicht dient de volgende informatie te bevatten: aanwezig of representatief habitattype, idem m.b.t vegetatietype/plantengemeenschap (of relatie daarmee), te meten procesindicatoren, (ecohydrologische) doelstelling, (modelmatig) voorspeld effect maatregelen. Op die manier worden de meetvragen duidelijk. Doe dit niet alleen voor het habitattype H6410 Blauwgraslanden maar ook voor de andere aanwezige habitattypen.
- Verduidelijk en standaardiseer de evaluatie van de monitoringsgegevens volgens hierboven vermelde aanbevelingen. . Op deze manier wordt minder geleund op inzet van externe deskundigen waardoor de evaluatie minder subjectief wordt en meer uniform en reproduceerbaar.
- Het meetplan sluit aan op en verwijst naar "Meetplan procesindicatoren 058 LG Brummen - deelgebied Empese en Tondese-heide". Meetplan De Bruuk is hierdoor niet goed zelfstandig leesbaar. Neem de informatie uit meetplan Empese-Tondese heide over in meetplan Bruuk waar nodig.

3.2 Implementatie meetplan procesmonitoring

De implementatie van het meetplan, ofwel de wijze waarop de in het meetplan beschreven procesmonitoring in de praktijk is uitgevoerd, is goed. Op een aantal onderdelen zijn in paragrafen 3.1 en 3.3 verbeteringen en aanbevelingen voorgesteld. Om veranderingen in procesindicatoren in beeld te kunnen brengen, is het essentieel dat bij toekomstige analyses, met inachtneming van de vermelde verbeterpunten, dezelfde analysemethode wordt gebruikt. Alleen op die manier zijn analysedata in de tijd te vergelijken.

3.3 Aanlevering monitoringsdata

KWR heeft de monitoringsdata tijdig via de Provincie Gelderland aangeleverd gekregen. Deze aangeleverde monitoringsdata waren overwegend duidelijk en compleet. Data van de grondwatermeetreeksen diende KWR zelf bij bronhouder (Vitens/BRO) op te vragen. Dat heeft wel geleid tot enkele onduidelijkheden die grotendeels tijdens project zijn opgelost.

3.3.1 Grondwaterstanden

De vanuit Vitens opgeleverde grondwaterstandsreeksen bleken alleen recente jaren (grotendeels vanaf 2015 of later) te bevatten. Op basis van eigen gebiedskennis was duidelijk dat veel langere meetreeksen beschikbaar moeten zijn. Deze bleken inderdaad in Dinoloket beschikbaar. KWR heeft de –tot nu- beschikbare deelreeksen aan elkaar gekoppeld en geanalyseerd met Menyanthes®. Daarbij zijn de volgende problemen geconstateerd:

- De databeheerder (Vitens) beschikt niet over de volledige meetreeksen (die deels in dinoloket zitten) en leverde alleen recente reeksen aan; aanbeveling: breng alle beschikbare metingen in één database samen, en lever van daaruit data aan voor evaluatie monitoring.
- Er zitten nog flinke gaten in de meetreeksen; vraag is of deze data niet toch beschikbaar zijn; aanbeveling: ga na of er nog aanvullende meetgegevens beschikbaar zijn en voeg deze dan toe; documenteer deze actie, zodat vragen hierover in de toekomst eenvoudig kunnen worden beantwoord.
- Lokale codes van peilbuizen, zoals vermeld in het meetplan, waren vaak niet eenvoudig herleidbaar tot de NITG-codes in de aangeleverde data; het heeft relatief veel tijd gekost deze koppeling te leggen; daarbij komt dat de lokale codes in het meetplan afwijken van de lokale codes in het Natura 2000 beheerplan – die vermoedelijk overeenkomen met de voorheen door Staatsbosbeheer gehanteerde lokale buiscodes. Aanbeveling: voeg aan het meetplan een bijlage toe met per buis zowel NITG-code als lokale code(s) en

stamgegevens, zoals maaiveldhoogte, coördinaten en filterstelling. Pas zo mogelijk de lokale codes van het meetplan aan eerdere codes.

- Buis 4 (2 filters) ontbreekt in de meetreeks, volgens administratie van B-ware hangen er geen drukopnemers in.

3.3.2 Oppervlaktewaterafvoer

De waterpeilen bij de stuw zijn in een apart Excel-bestand aangeleverd. Gegevens over de locatie, meetopstelling en relatie tussen gemeten stand en debiet zijn niet in het meetplan vermeld en niet met de meetgegevens aangeleverd. Na de vraag naar deze gegevens zijn alleen de coördinaten, stuwhoogte en enkele situatie-foto's aangeleverd. Het is met deze gegevens niet mogelijk debieten te bepalen.

Aanbeveling: aangezien de debietmeeting tijdens de werksessie met betrokkenen als niet essentieel voor de monitoring werd bestempeld, en in de huidige vorm wel waardevolle informatie levert over oppervlaktewaterpeil, hoeft dit meetpunt niet anders te worden ingericht. Wel is het nodig om het meetplan op dit onderdeel aan te passen en in lijn te brengen met doel van dit meetpunt. Ook dient de tekst verwijderd te worden over opstellen waterbalans, dat is immers op basis van deze informatie niet mogelijk.

3.3.3 Grondwaterkwaliteit

De in het meetplan genoemde parameters zijn alle geanalyseerd (en daarnaast Si, Mn en Zn). De grondwateranalyses (2x 2019 en 1x 2020) zijn aangeleverd in een Excel-bestand. Het bestand bevatte een werkblad in mg/L en een werkblad in micromol/L. Tevens bevat het bestand werkbladen met een kaartje monsterlocaties, tabel met lokale- en NITG-codes van bemonsterde buizen en tabel met datum en tijdstip bemonstering. De analyseresultaten zijn goed toegankelijk en geschikt voor verdere berekeningen. Kanttekeningen bij de aangeleverde data zijn:

- Bij het EGV ontbreekt de temperatuur (deze neemt per graad ca 2% toe, voor vergelijking met andere datasets en hydrochemische evenwichtsberekeningen is de meet-temperatuur van belang). Navraag bij F. Smolders (B-ware) leerde dat het –waarschijnlijk- 20°C betreft.
  Aanbeveling: vermeldt altijd de temperatuur in de tabel.

- De tabel bevat wel het zwavelgehalte (S), maar niet of het sulfaat of sulfide betreft.
  Aanbeveling: vermeld de vorm waarin zwavel is gemeten.

- Het bestand bevat geen gegevens over coördinaten en filterstelling bemonsterde peilbuizen. Daardoor is de rapportage niet zelfstandig lees/bewerkbaar.
  Aanbeveling: maak een tabel met stamgegevens en voeg deze standaard toe in de rapportage.

- Van enkele buizen is geen geldige NITG-code opgenomen (M14-1, M14-2, M8-1, M8-2).
  Aanbeveling: voeg deze codes toe in hiervoor genoemde tabel.

- Gegevens over monstername (filtergebruik) en monsterbehandeling ontbreken. Vermoedelijk gaat het om standaardprocedure door B-ware.
  Aanbeveling: leg dit in het document vast, b.v. door verwijzing naar betreffende protocollen. (NB: mogelijk betreft het een tussentijdse rapportage t.b.v. de pilot, maar volledigheid en standaardisering is cruciaal om data op langere termijn ook te kunnen blijven gebruiken).

3.3.4 Bodemchemie

In het zelfde Excel-bestand als waterkwaliteitsmonsters zijn ook de analyseresultaten van de bodemmonsters opgenomen. De locaties zijn op kaart globaal aangegeven en de exacte monsterlocaties en maaiveldhoogte (DGPS)

in een apart werkblad. De monsters betreffen de bovenste 15 cm, het meetplan noemt bovenste 20 cm. De in het meetplan voorgeschreven parameters zijn gemeten, met uitzondering van het gehalte natrium (Na). Aanvullend zijn wel vochtgehalte, soortelijk gewicht, pH(NaCl), aluminium (Al) en extraheerbaar N (NO_3 en NH_4, beide niet genoemd in het meetplan) gemeten. De basenverzadiging is niet zoals in het meetplan genoemd (en door Smolders e.a. 2009) gemeten met een strontiumchloride-extractie, maar met een natriumchloride-extractie. Het is niet duidelijk wat de effecten zijn van de verschillende extractiemethoden en wat dat betekent voor de vergelijkbaarheid van data uit 2019/20 en 2009. De gepresenteerde basenverzadiging (BV-z) is opvallend hoog (>97%) zeker gezien de vaak lage pH(NaCl-waarden). In de rapportage Smolders e.a. (2009) worden ook veel lagere basenverzadigingen gemeld, die veel beter passen bij het –oppervlakkig- verzuurde karakter van veel plekken in De Bruuk.

Op welke wijze de basenverzadiging (BV) voor 2019/20 is berekend is in het Excel-bestand niet aangegeven. In het algemeen is de basenverzadiging gedefinieerd als de som van aan het adsorptiecomplex (CEC) gebonden 'basische kationen' Ca, Mg, K en Na gedeeld door dat CEC (Scheffer en Schachtschabel, 1984). De omvang van CEC wordt vaak bepaald op basis van inschatting aan de hand van bodemtextuur of door extractie van ook 'niet-basische kationen'(H, Al, NH_4). Daarbij is de gebruikte zoutoplossing (KCl, NaCl, SrCl) mede bepalend voor de gemeten hoeveelheden en dus voor de berekende basenverzadiging. De beschrijving van basenverzadiging in Smolders et al. (2009) wijkt af, doordat natrium (Na) niet wordt meegeteld bij de basische kationen. In 2019/20 is dat ook niet gedaan, aangezien geen natriumbepaling gedaan is (dat kan niet met NaCl-extractie).

Voor zover referentiegegevens voor plantengemeenschappen zijn gepubliceerd (o.a. Jalink en Jansen, 1989), betreft het de definitie zoals verwoord door Scheffer en Schachtschabel (1984).

Het meetplan geeft geen beoordelingscriteria voor de gemeten parameters. Dit dient middels 'totaalbeoordeling door een deskundige' te gebeuren. M.u.v. Olsen-P zijn echter in de literatuur geen referenties beschikbaar. Hierdoor is de toestand nauwelijks te beoordelen. Veranderingen wel, mits in de toekomst dezelfde meetmethode worden gebruikt.

Conclusie: door verschillen in gehanteerde definitie en extractievloeistoffen kunnen er voor dezelfde bodem verschillende resultaten voor de basenverzadiging worden berekend. De onderlinge vergelijkbaarheid is niet gepubliceerd. Daarmee lijken de waarden binnen dezelfde dataset wel onderling vergelijkbaar, maar daarbuiten niet. De voor 2019/20 gepresenteerde basenverzadiging lijkt onwaarschijnlijk hoog en op het moment niet te koppelen aan referentiedata voor plantengemeenschappen.

Aanbeveling:

- Standaardiseer de berekening van de basenverzadiging en gebruik daarvoor algemeen gehanteerde berekening zoals hierboven vermeld.
- Hanteer standaard referentiewaarden. Daarvoor is waarschijnlijk aanvullend literatuuronderzoek nodig. Wellicht kunnen ook referentiedatabases van andere organisaties hiervoor worden gebruikt.
- Neem monitoring van NO_3 en NH_4 concentraties in bodemchemie (en waterchemie) op in meetplan om zo omgevingseffecten te kunnen meten. Ook van belang i.r.t. S-problematiek flora en vegetatie.

3.3.5 Flora en vegetatie

In het meetplan zijn twee transecten benoemd. In de uitvoering zijn deze transecten gesplitst in twee delen. Van drie van deze vier delen zijn monitoringsgegevens aangeleverd. Het resterende vierde deeltransect dient nog gemonitord te worden.

3.4 Gebruik van oudere gebiedsgegevens

Idealiter is voorafgaand aan de uitvoering van herstelmaatregelen de nulsituatie van bodem, grondwater en vegetatie vastgelegd. In de praktijk is dit vaak niet het geval, zo ook in De Bruuk. Door gebruik te maken van historische gegevens kunnen effecten van (eerder genomen) herstelmaatregelen in beeld worden gebracht. Voor De Bruuk is dit uitgevoerd m.b.t. bodemchemie en vegetatiekarteringen (zie Jalink, 2020).

3.5 Conclusie en aanbevelingen t.a.v. meetplan en monitoringsgegevens

Uit dit hoofdstuk is gebleken dat het meetplan De Bruuk in zijn huidige vorm weliswaar voorziet in de monitoring van de juiste procesindicatoren, maar dat er ook verschillende verbeterpunten zijn. Zonder deze aanvullingen is het beperkt mogelijk om conclusies over de toestand van habitattype(n) te trekken (zie hoofdstuk 4). Ook zijn conclusies over trend in ontwikkeling van blauwgraslanden en over herstel op systeemniveau op basis van de volgens dit meetplan verzamelde monitoringsgegevens nog niet te trekken. De belangrijkste verbeterpunten zijn:

- Conform methodiek procesindicatoren monitoring richt het meetplan zich alleen op monitoring binnen de Natura 2000-begrenzing. Wij raden aan om het meetplan op dit onderdeel toch uit te breiden en ook relevante peilbuizen buiten deze begrenzing in de monitoring mee te nemen. Zo wordt belangrijke aanvullende informatie verkregen over de sturende hydrologische factoren vanuit de directe omgeving (omliggende grondwaterstanden en stijghoogten). Het voortbestaan van geschikte meetpunten buiten het Natura 2000-gebied wordt zo vanuit het meetnet dan ook gewaarborgd.

- Voeg een overzicht toe waarin per meetpunt wordt aangegeven wat het meetdoel is. Dit overzicht dient de volgende informatie te bevatten: aanwezig of representatief habitattype, idem m.b.t vegetatietype/plantengemeenschap (of relatie daarmee), te meten procesindicatoren, (ecohydrologische) doelstelling, (modelmatig) voorspeld effect maatregelen. Op die manier worden de meetvragen duidelijk. Doe dit niet alleen voor het habitattype H6410 Blauwgraslanden maar ook voor de andere aanwezige habitattypen.

- In De Bruuk is de bodem sterk gestratificeerd. Bemonster daarom ook een selectie van de diepe peilbuisfilters. Op die manier komen effecten in de diepere peilbuizen in beeld en wordt het mogelijk de ondiepe grondwaterkwaliteit te verklaren aan de hand van veranderende kwelflux en kwelwaterkwaliteit op grotere diepte.

- Breng de grondwatermeetreeksen op orde (controleren, aanvullen en valideren van data) om zo betere analyse van deze reeksen mogelijk te maken.

- Voeg een overzicht toe aan het meetplan van coördinaten van bemonsterde peilbuizen met filterdieptes en bemeten watervoerende laag.

- Het meetpunt voor de debietmeeting Leigraaf is in de huidige vorm ongeschikt voor het kwantificeren van de afvoer over de stuw, maar kan wel dienen als meetpunt oppervlaktewaterpeil. Het doel van dit meetpunt dient in het meetplan dan wel anders te worden omschreven.

Op welke wijze de verdere beoordeling is uitgevoerd, wordt per monitoringsindicator toegelicht in hoofdstuk 4 en 5.

4 Toestandbeoordeling habitattype

In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van de toestandbeoordeling van de standplaatscondities van habitattype Blauwgraslanden. De toestandbeoordeling is gebaseerd op een vergelijking van de meest actuele standplaatscondities "vocht", "voedselrijkdom" en "zuurgraad" in relatie tot de vereisten die de aanwezige habitattype aan deze standplaatscondities stellen.

Vocht: Het meetplan geeft enkel de ecologische vereisten voor GVG en GLG op habitatniveau, niet op niveau de (sub)associaties die afzonderlijk kwalificeren voor H6410 Blauwgraslanden. Dat zijn de Ass. van Veldrus en Gevlekte orchis (*Crepido-Juncetum acutiflori*) en diverse subassociaties van het 'echte' Blauwgrasland (*Cirsio dissectie-Molinietum)* en daarnaast enkele rompgemeenschappen uit het Verbond van Biezenknoppen en Pijpenstrootje. Gezien de variatie in te behouden vegetatietypen binnen De Bruuk achten wij het van belang de meetpunten te beoordelen op (sub)associatieniveau (tabel 4.1). Dit kan aan de hand van de meest actuele vegetatiekartering waarin deze informatie beschikbaar is. Daarbij gaan we er vanuit dat het meetpunt goed scoort als tenminste het optimale bereik van deze (sub)associatie optreedt, matig bij het suboptimaal lage bereik en slecht indien beneden het suboptimaal lage bereik. Te natte standplaatsen hoeven niet per sé slecht te scoren, mits met intern beheer bij te sturen is. Hiervoor is kennis van de meetpunten noodzakelijk (zie ook 3.1.1).

Bij de beoordeling van de GLG is vooralsnog uitgegaan van een situatie met minerale bodem. Voor een venige bodem gelden minder diepe GLG-grenzen (o.a. Aggenbach et al., 1998; en webtool Ecologische Vereisten). Dit heeft niet zozeer te maken met vochttekort, maar met oxidatie van veen, wat kan leiden tot een hogere beschikbaarheid van nutriënten en tot verzuring.

Aanbeveling: neem in het overzicht van peilbuizen op of het een minerale bodem of veenbodem betreft en wat de consequentie voor de te hanteren GLG-grens is.

Voedselrijkdom: Om vergelijkbare condities voor het herstel van blauwgraslanden en zwak gebufferde vennen in de afgeplagde graslanden te ontwikkelen dient de voedselrijkdom van de bodem geleidelijk af te nemen tot voor deze habitattypen gewenste voedingstoestand. De beschikbaarheid van plant beschikbaar fosfaat (P-Olsen) dient hiervoor geleidelijk af te nemen tot minder dan 300 µmol/l verzamelde bodem (bron: referentiedatabase B-ware; genoemd in Hanhart en Van Ek, 2017). Overigens noemen Smolders et al (2009; p.37) nog een waarde van 750 µmol/l, waar beneden gebufferde schraalland vegetaties zich goed ontwikkelen.
Aanbeveling: stel met data en literatuur onderbouwde streefwaarden voor bodemchemische parameters op.

Gebruikte data:

- GVG en GLG: door Menyanthes berekend op basis van data grondwaterreeksen zoals door Vitens is aangeleverd en aangevuld is vanuit Dino-loket voor de periode 2015-2020. Bij de berekeningen is op basis van de gegevens over buisdiepte nagegaan of in de meetreeks droogval is opgetreden (aangeven met toevoeging d in tabel 4.2). Dat was op twee locaties het geval, maar dit kon worden opgevangen door gebruik te maken van de meetreeks uit een buis met dieper filter.

- Voedselrijkdom: P-Olsen concentraties volgens analyseresultaten bodemchemie B-Ware (2019). Betreft monsters van de bovenste 15 cm van de bodem. Als grenswaarden in Tabel 4.2 zijn gebruikt: groen

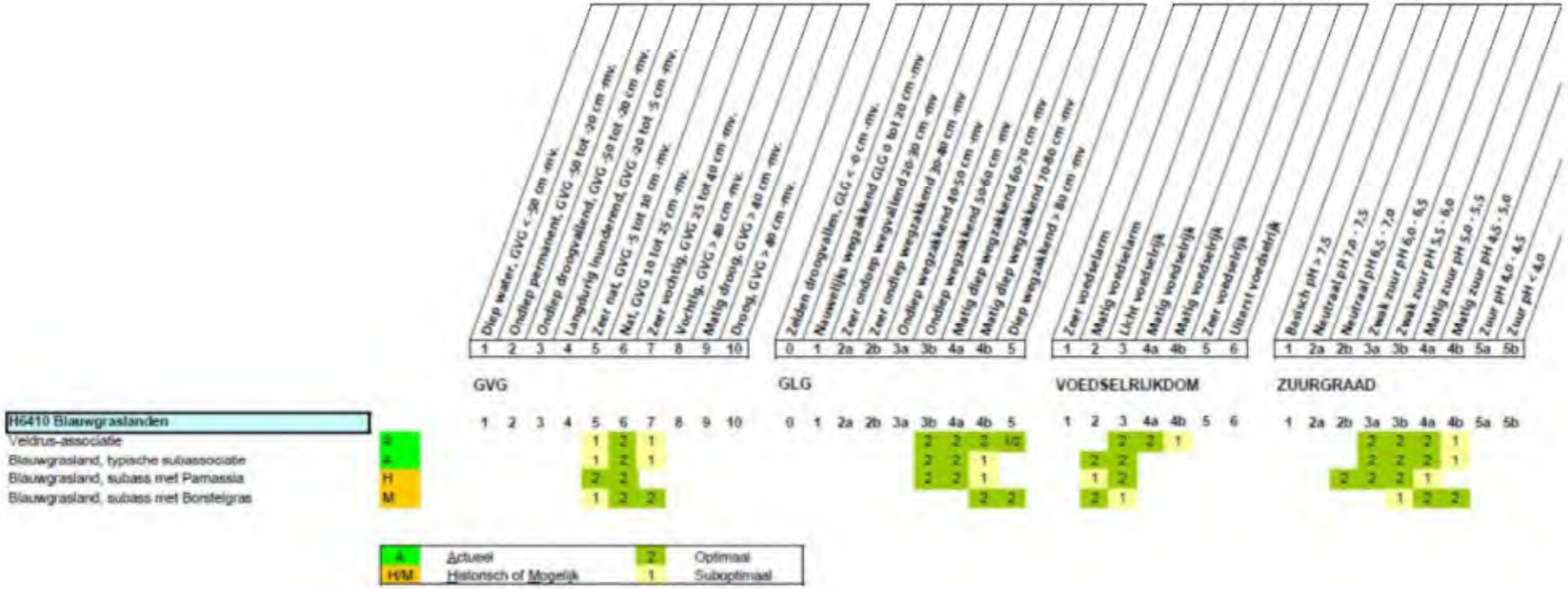
(kernbereik): < 300 micromol/l; geel (aanvullend bereik) 300-600 micromol/l; rood (buiten bereik) >600 micromol/l.

De resultaten van deze analyse laten zien dat op de meeste grondwaterstandsmeetpunten de berekende GVG en GLG binnen het kernbereik van H6410 Blauwgrasland vallen (Tabel 4.2). Uitzonderingen vormen B9 en B693 waar de GLG dieper ligt dan 70 cm – mv, maar op deze locaties is Blauwgrasland niet actueel voorkomend. In B695 is de GVG 21 cm boven maaiveld en daarmee iets hoger dan het aanvullend bereik van het daar aanwezige H7230 Kalkmoeras en hoger dan het kernbereik van H6410 Blauwgrasland. Nadere analyse is nodig om te beoordelen of hier aanvullende maatregelen gunstig zijn.

Op vier van de negen locaties met H6410 Blauwgrasland voldoet Olsen-P aan de gestelde grens van 300 µmol/l, op twee locaties ligt de waarde tussen 300 en 600 µmol/l, en op één even daarboven. Op deze laatste drie locaties bestaat de vegetatie uit de Veldrus-associatie, die ook op wat voedselrijkere locaties kan voorkomen dan de Associatie van Spaanse Ruiter en Pijpenstrootje (tabel 4.1). Twee locaties hebben opvallend hoge P-Olsenwaarden. Het betreft voormalige landbouwgronden, waar wel al H6410 ontwikkeld is. Verdere monitoring moet uitwijzen of de hoge P-beschikbaarheid hier leidt tot ongewenste ontwikkeling.

Vanwege het ontbreken van metingen van pH-H_2O was het niet mogelijk de locaties op zuurgraad te beoordelen. Op basis van de vegetatie lijkt verzuring echter wel het belangrijkste probleem in De Bruuk. Het is dus van belang de pH-H_2O te monitoren en op kwelherstel gerichte maatregelen te nemen.

Tabel 4.1. Ecologische vereisten habitattype Blauwgraslanden op subassociatieniveau (Bron: DLG, 2016).



Tabel 4.2. Toetsing ecologische vereisten H6410 – Blauwgraslanden. Betekenis kleuren: Groen indiceert: voldoet aan kernbereik; Geel: voldoet aan aanvullend bereik: Rood: voldoet niet aan aanvullend bereik. (NA) geen data beschikbaar. (*) pH in bodem alleen als pH-NaCl gemeten en daarom niet te toetsen aan pH-H_2O van vereiste. In de kolom GLG geeft een d aan dat de waarde te ondiep kan zijn als gevolg van droogval van de peilbuis, in die gevallen kon gebruik gemaakt worden van een diepere buis op de zelfde locatie.

Lokale code	NITG-code	Vegetatie Htkrt	Vocht-GVG (m-mv)	Vocht-GLG (m-mv)	Voedselrijkdom P-Olsen (micromol/l)	Zuurgraad pH-H_2O (*)	HT actueel voorkomend
			-5 – 25	<70	<300	pH 5-6,5	
			(aanv 25-40)	(aanv 70-120)	(aanv 300-600)	(aanv 4,5-5; 6,5-7)	
B1-1 C1	B46B0711-1	sbb_code 16A-a, 16A-g en/of 16A2a (10%)	-0,04	0,64	1520		H6410
B2	B46B0712-1	sbb_code 38A-a (100%)	0,12	0,53			0
B3 C3	45B0694-1	sbb_code 16A-a (3%)	-0,01	0,44	105		H6410
		sbb_code 16A-g (75%)					
B4 C4	M14-1 (*)		NA	NA	1534		H6410?
B5 C5	46B0478-1	sbb_code 16A2a+16A1a+16A-a (93%)	0,10	0,57d	252		H6410
				0,57(f2)			
B6 C6	46B0494-1	sbb_code 08C-b (100%)	0,11	0,55d	384		0
				0,64(f2)			
B7 C7	46B0710-2	sbb_code 16A2a (100%)	0,08	0,41	217		H6410
B8 C8	46B0709-1	sbb_code 16A-a+16A2a (97%)	0,05	0,56	649		H6410
B9	46B0748-1		0,14	0,93			0
C10			NA	NA	331		
C11			NA	NA	540		
695	46B0695-1	sbb_code 09C2 (75%)	-0,21	0,41	68		H7230
485	46B0485-1	sbb_code 16A2a (100%)	-0,04	0,40	387		H6410
693	46B0693-1	sbb_code 16A-g (100%)	0,18	0,98			0
713	46B0713-1	sbb_code 16A2a (100%)	-0,05	0,50	531		H6410
	46B0489-1		0,00	0,53			

(*) Van dit meetpunt zijn geen grondwaterstandsreeksen beschikbaar, maar het is wel door B-Ware bemonsterd. Het is waardevol om dit meetpunt ook weer te gaan monitoren (zie ook 5.1.4) .

5 Toestand en trendbeoordeling procesindicatoren

5.1 Grondwaterstand

5.1.1 Achtergrond:

Het doel van de grondwaterstandsmetingen is 1) het vaststellen of de maatregelen effect hebben, 2) het vaststellen of de ecologische vereisten voor vocht bereikt zijn, en 3) bij verschillende filterdiepten of er een kweldruk optreedt. De resultaten van doel 2) zijn in hoofdstuk 4 beschreven.

5.1.2 Aanpak

Het programma Menyanthes is gebruikt om de grondwatermeetreeksen te analyseren. In totaal waren 26 reeksen beschikbaar, waarvan 2 van peilbuizen buiten De Bruuk.

Van de beschikbare reeksen zijn op basis van neerslag en verdamping tijdreeksmodellen opgesteld, zowel lineaire als niet-lineaire. Op basis van de residuen (het verschil tussen gemeten en berekend) is beoordeeld of in de reeksen een trend aanwezig is.

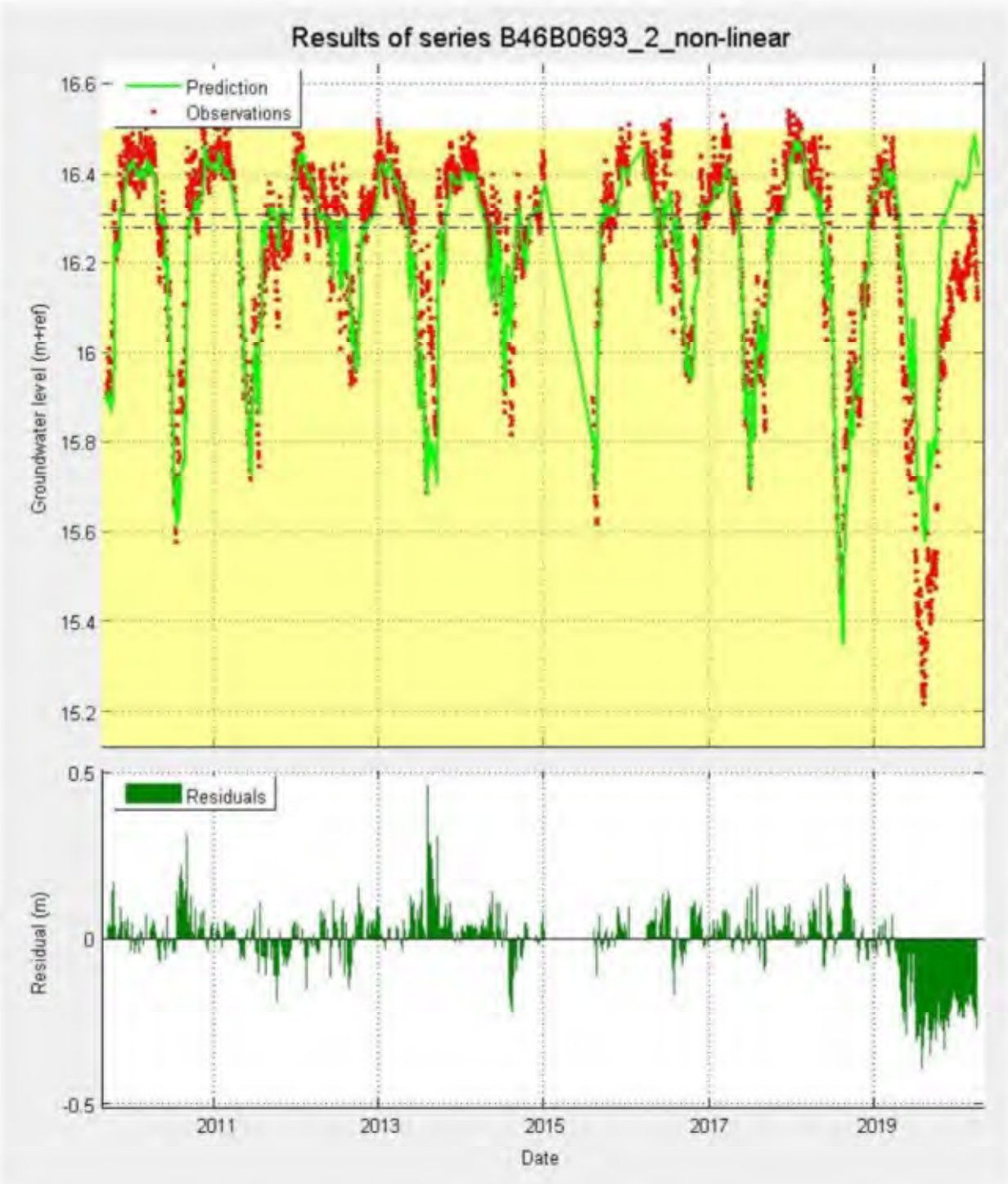
5.1.3 Toelichting en resultaten data-analyse

Van de 24 reeksen uit De Bruuk zelf zijn 17 lineaire modellen beoordeeld als onbetrouwbaar, ditzelfde gold voor 10 van de niet-lineaire modellen (tabel 5.1). Onbetrouwbaar wil in dit geval niet zeggen dat de meetreeksen zelf onbetrouwbaar zijn, maar dat er op basis van de reeksen met als verklarende reeksen neerslag en verdamping geen betrouwbare tijdreeksmodellen gemaakt kunnen worden. Dit kan bijvoorbeeld worden veroorzaakt doordat de meetreeksen niet lang genoeg zijn of hiaten kennen, maar ook doordat andere factoren van invloed zijn op het grondwaterstandsverloop. Te denken valt hierbij o.a. aan tijdelijke aanpassingen in peilbeheer of het tijdelijk wegvallen van kwelstromen in zeer droge perioden. In de tabel zijn ook twee meetreeksen van net buiten De Bruuk opgenomen. B46B0472 bevindt zich ten noorden van De Bruuk; mogelijk is dit dezelfde buis die in het meetplan is aangegeven als B46B 1041. B46B0460 bevindt zich aan de zuidoostzijde van De Bruuk, dicht bij de Duitse grens. Deze buis valt buiten het meetplan.

Tabel 5.1: Uitgevoerde tijdreeksanalyses en indicaties voor het optreden van een trend in de grondwatermeetreeksen. EVP is het percentage verklaarde variantie op basis van neerslag en verdamping.

		Lineair			Niet-lineair		
		17 onbetrouwbaar			10 onbetrouwbaar		
	Naam	**Beoordeling**	**EVP**	**Trend**	**Beoordeling**	**EVP**	**Trend**
Grensweg ZO	B46B0460_1	betrouwbaar	73.13	eind 2015	nvt		
Noord-buiten =	B46B0472_1	betrouwbaar	78.06	geen	nvt		
B5-1	B46B0478_1	onbetrouwbaar	68.96	geen	betrouwbaar	82.05	geen
B5-2	B46B0478_2	onbetrouwbaar	65.19	geen	onbetrouwbaar	59.32	geen
485-1	B46B0485_1	onbetrouwbaar	57.48	geen	onbetrouwbaar	66.78	geen
485-2	B46B0485_2	onbetrouwbaar	57.52	geen	onbetrouwbaar	55.31	geen
713-a	B46B0489_1	onbetrouwbaar	74.13	geen	betrouwbaar	92.05	geen
B6-1	B46B0494_1	onbetrouwbaar	62.08	geen	betrouwbaar	70.16	geen
B6-2	B46B0494_2	betrouwbaar	75.83	geen	betrouwbaar	82.15	geen
693-1	B46B0693_1	onbetrouwbaar	81.55	geen	betrouwbaar	88.25	geen
693-2	B46B0693_2	betrouwbaar	82.05	geen	betrouwbaar	81.43	in 2019
B3-1	B46B0694_1	betrouwbaar	86.74	geen	betrouwbaar	82.04	geen
B3-2	B46B0694_2	onbetrouwbaar	54.2	begin 2018	onbetrouwbaar	65.12	begin 2018
695-1	B46B0695_1	betrouwbaar	71.12	geen	betrouwbaar	73.04	geen
695-2	B46B0695_2	onbetrouwbaar	59.2	geen	nvt		
B8-1	B46B0709_1	onbetrouwbaar	73.36	geen	betrouwbaar	76.73	geen
B8-2	B46B0709_2	onbetrouwbaar	55.34	geen	onbetrouwbaar	66.01	geen
B7-1	B46B0710_1	onbetrouwbaar	60.62	geen	onbetrouwbaar	69.21	geen
B7-2	B46B0710_2	onbetrouwbaar	68.07	geen	betrouwbaar	81.84	geen
B1-1	B46B0711_1	onbetrouwbaar	67.6	geen	betrouwbaar	82.41	geen
B1-2	B46B0711_2	betrouwbaar	82.25	geen	betrouwbaar	86.72	eind 2018
B2-1	B46B0712_1	onbetrouwbaar	68.41	geen	onbetrouwbaar	66.02	geen
B2-2	B46B0712_2	betrouwbaar	81.57	geen	betrouwbaar	82.55	geen
713-1	B46B0713_1	onbetrouwbaar	48.82	geen	onbetrouwbaar	69.49	geen
713-2	B46B0713_2	onbetrouwbaar	18.09	geen	onbetrouwbaar	66.71	geen
B9	B46B0748_1	betrouwbaar	90.38	geen	betrouwbaar	88.44	geen

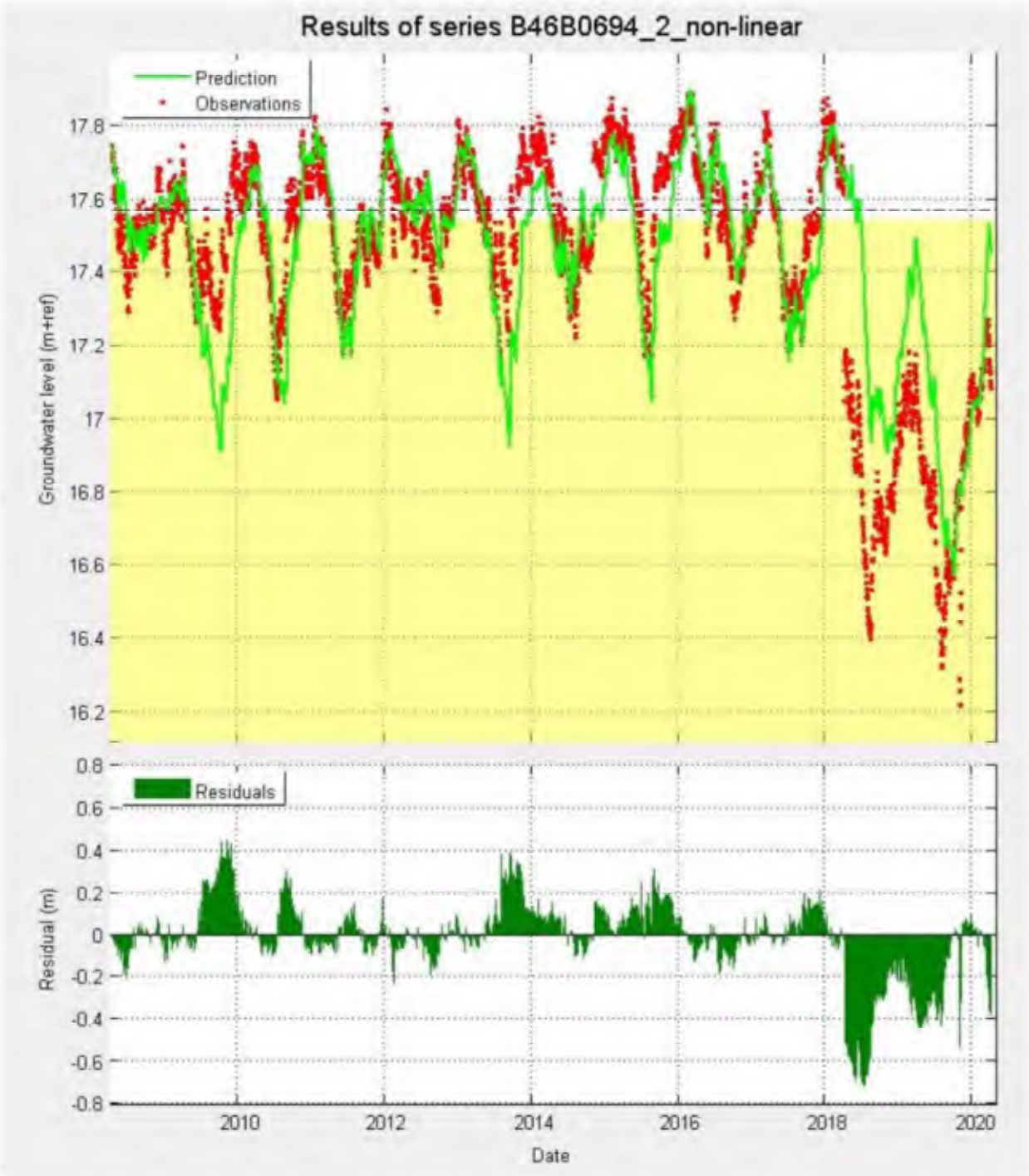
Bij het overgrote deel is in de beschikbare meetreeks geen trend vastgesteld. Waar dat wel het geval is, is in de tabel aangegeven wanneer de residuen gaan afwijken. In deze paragraaf worden enkele voorbeelden getoond van reeksen met een trend (figuren 5.1-5.4). De hele set is opgenomen in bijlage 9-II.



Figuur 5.2: Gemeten en berekende grondwaterstanden B46B0693-2 en de residureeks.

Opmerkingen:

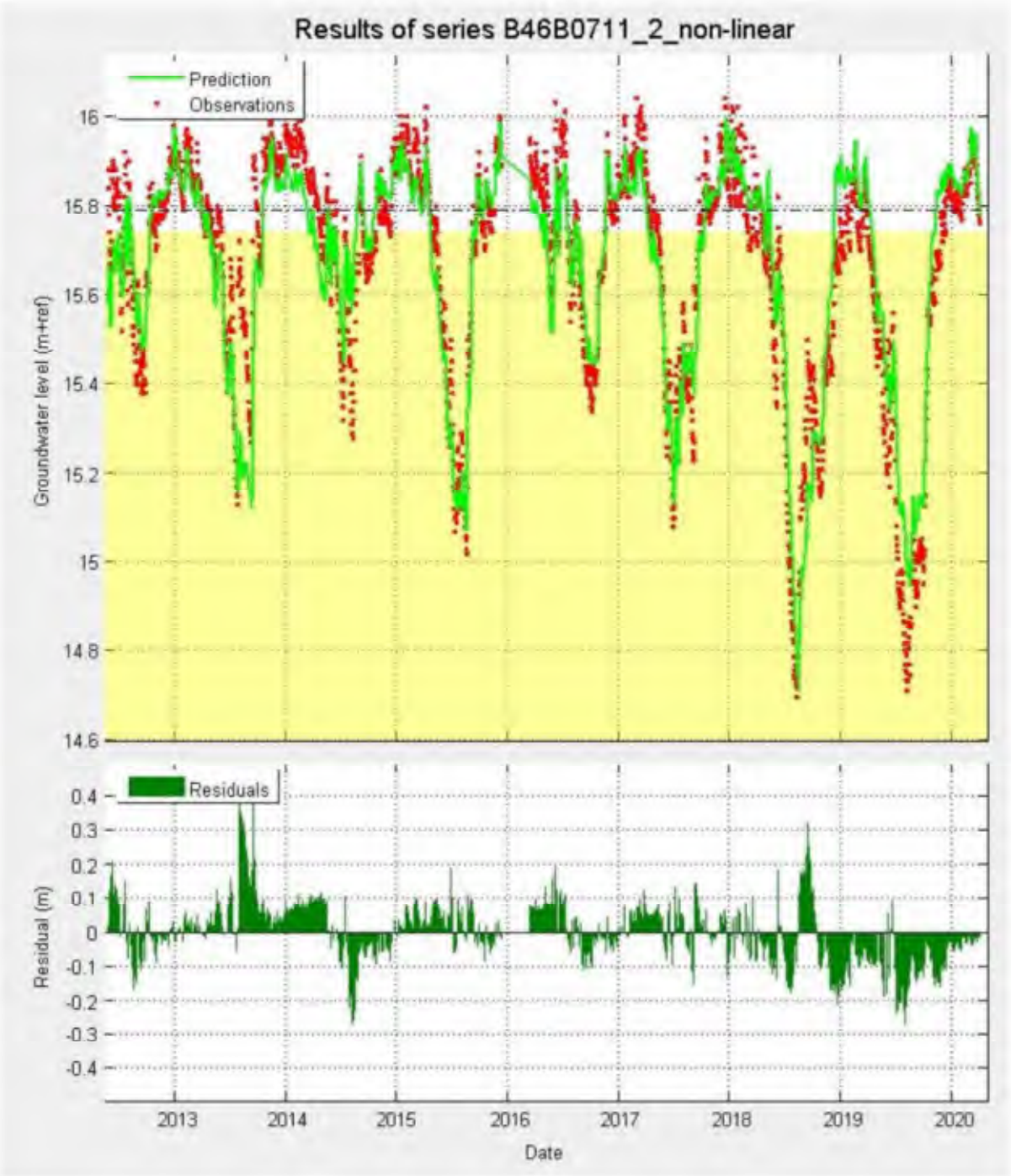
- Buis ten noorden van voormalig populierenbos
- Vanaf begin voorjaar 2019 zijn de gemeten grondwaterstanden structureel enkele decimeters lager dan de berekende standen.
- De hoogste en laagste standen liggen in dit jaar ook veel lager



Figuur 5.2: Gemeten en berekende grondwaterstanden B46B0694-2 en de residureeks.

Opmerkingen:

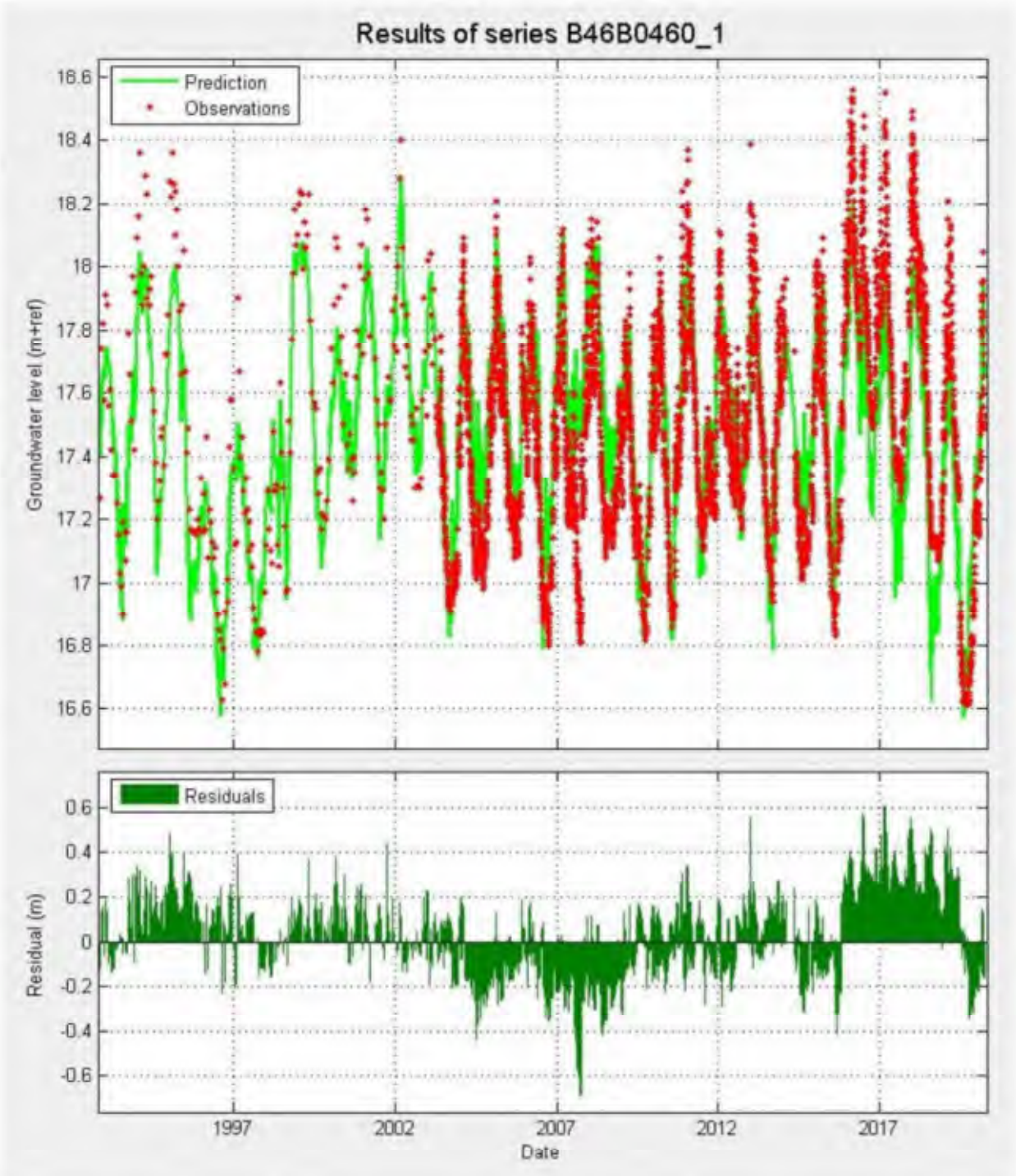
- Buis ten noordwesten van de vuilstort
- Vanaf voorjaar 2018 liggen de hoogste standen zo'n 6 dm lager dan voorheen, de laagste 8 dm.
- De gemeten standen zijn in die periode overwegend decimeters lager dan de berekende



Figuur 5.3: Gemeten en berekende grondwaterstanden B46B0711-2 en de residureeks.

Opmerkingen:

- Buis in noordwestelijk deel De Bruuk (bij Ashorst) op geplagde voormalige landbouwgrond
- Vanaf zomer 2018 zijn de hoogste en laagste standen lager dan in de jaren ervoor
- Vanaf najaar 2018 zijn de gemeten standen overwegend lager dan de berekende standen
- Voor deze locaties geldt dat geen maatregelen zijn vastgelegd, die leiden tot een structurele grondwaterstandsverlaging. De genoemde "trend" (lagere gemeten standen dan verwacht) is dus vooralsnog niet verklaarbaar.



Figuur 5.5: Gemeten en berekende grondwaterstanden B46B0460-1 en de residureeks (op basis van lineair model).

Opmerkingen:

- Buis buiten De Bruuk, tegen Duitse grens
- Van eind 2015 tot in 2019 zijn de gemeten standen enkele dm hoger dan de berekende standen; Daarna liggen de verschillen weer andersom; ook in eerdere jaren zijn er perioden geweest met langdurig verschillen tussen gemeten en berekend
- Op het oog lijkt er geen duidelijke trend in de reeks

5.1.4 Conclusies en aanbevelingen

- Van de 24 meetpunten in De Bruuk kon slechts van 7 (lineair) en 14 (niet-lineair) een 'betrouwbaar' tijdreeksmodel worden gegenereerd. Het is vooralsnog onduidelijk wat hiervan de oorzaak is, maar het is waarschijnlijk dat dit te wijten is aan (nog) te korte meetreeksen en/of hiaten in de meetreeksen. Ook komen plotselinge niveauveranderingen voor die mogelijk samenhangen met aanpassingen aan peilbuizen die niet goed geadministreerd zijn of het gevolg zijn van (interne) maatregelen. In paragraaf 3.3.1 is al de aanbeveling opgenomen om de grondwater meetreeksen te controleren, aan te vullen waar nodig en te valideren. Het is onze verwachting dat die actie zal leiden tot een groter aantal betrouwbare tijdreeksmodellen.

- De drie reeksen die een 'trend' lijken te bevatten, wijzen eerder op verdroging, dan op vernatting;. Die 'trends' ontstaan overigens in de periode 2018-2019 wat lijkt te wijzen op effecten van die extreem droge jaren. Hierdoor is ook een systeemverandering goed mogelijk: voor de droogte vond aftopping plaats a.g.v. inundatie (niet-lineair systeem), terwijl in de droge jaren geen tot nauwelijks nog inundatie plaats vond (lineair systeem).

- Uit de meetreeksen is dus geen positief effect op te maken van de al uitgevoerde interne maatregelen

- Ga na of meetpunt B46B1041 in meetplan mogelijk verwisseld is met B46B0472. Als dit niet het geval is, ontbreekt dit meetpunt in het meetplan en moet het worden toegevoegd.

- Van meetpunt B4 C4 (zie tabel 4.2) zijn geen grondwaterstandsreeksen beschikbaar, maar is wel door B-ware bemonsterd. Het is waardevol om dit meetpunt ook weer te gaan monitoren en een datalogger te plaatsen. De exacte ligging van dit meetpunt dient dan opnieuw bepaald te worden.

5.2 Grondwaterkwaliteit

5.2.1 Achtergrond en aanpak

Deze indicator is van belang voor H6410 Blauwgraslanden, zowel voor beoordeling van de standplaats als voor het volgen van ecohydrologische (herstel)processen.

Als brondata is gebruikt het bestand "Analyseresultaten De Bruuk_18juni2020.xlsx", opgesteld door B-Ware en aangeleverd door Provincie Gelderland. Bemonstering van de bestaande peilbuizen vond drie maal in de tijd plaats en zowel ondiepe als diepere filters zijn bemonsterd. De ruwe data is ingevoerd in en geanalyseerd met de tool HydroGeoChemcal (HGC (Stuyfzand, 2017)). Hiermee kunnen de analyseresultaten worden gecontroleerd op betrouwbaarheid[1] door berekeningen van de balans tussen kationen en anionen en het verschil tussen gemeten en – op basis van iongehalten - berekende EGV-waarde. Daarnaast wordt een aantal indices berekend die inzicht geven in geohydrochemische processen, zoals de kalkverzadigings-index (maat voor het vermogen kalk af te zetten dan wel op te lossen), en redoxklasse (maat voor het oxiderend vermogen), en wordt het hydrochemisch watertype volgens de classificatie van Stuyfzand (1989) bepaald.

Bij de beoordeling van de waterkwaliteitsgegevens maken we gebruik van een aantal vuistregels uit de literatuur.

5.2.2 Toelichting en resultaten data-analyse

De bemonstering van de peilbuizen heeft plaatsgevonden op 19/2/2019, 9/11/2019 en 24/2/2020. Aangezien de laatste hydrologische herstelmaatregelen al meer dan vijf jaar geleden zijn uitgevoerd, zijn de effecten van die

[1] Chemische analyseresultaten kunnen foutieve waarden bevatten voor een parameter, maar ook kan een parameter ontbreken, die kwantitatief wel van belang is in de ionenbalans. De controleberekeningen helpen bij het signaleren van zulke onvolkomenheden, zodat er rekening mee gehouden kan worden in de beoordeling.

ingrepen niet inzichtelijk te maken op basis van deze recente metingen. Mogelijk treden wel seizoensfluctuaties op en verschillen tussen droge en natte jaren. De belangrijkste bevindingen van deze analyse worden hier vermeld. Voor meer detailbeschrijving en resultaten van individuele meetpunten wordt verwezen naar Bijlage 9 III.

Alle peilbuizen staan in het lage deel van het Bekken van Groesbeek en in potentieel kwelgebied. Gezien de geologie en de aanwezigheid van kalk in een deel van de zandondergrond en in de löss (Jalink, 2021) is te verwachten dat het water dat naar maaiveld kwelt, gebufferd is door oplossing van kalk en als dominante ionen Ca en HCO_3 heeft ($CaHCO_3$-watertype). De hardheid zal dan variëren tussen ca 1 en 2,5 mmol/l, HCO_3 tussen 2 en 5 mmol/l, de ratio van beide zal ongeveer 2 zijn (Jalink en Van Beek, 2001). Bij een onbeïnvloede, natuurlijke grondwaterkwaliteit valt te verwachten dat de nutriëntengehalten laag zijn (NO_3 nihil, K <0,05 mmol/l, SO4<0,2 mmol/l) (Jalink en Van Beek, 2001). Van nature ligt het aandeel Mg in kalk in dit deel van Nederland rond 10-15%, een veel hoger aandeel Mg in de hardheid wijst veelal op bekalking (met relatief Mg-rijke dolomietkalk) of dierlijke mest (Jalink en Van Beek, 2001; Van Beek et al (2006). Grondwater dat in stuwwallen is geïnfiltreerd is overwegend ijzerarm, doordat ze weinig redactief materiaal meer bevatten (Jalink, 2010). Dat valt ook in de kwelzones te verwachten, tenzij langs de stroombaan nog reductieprocessen optreden, bijvoorbeeld in venige lagen. De beschikbaarheid van fosfaat in de bodem wordt –behalve door de totale hoeveelheid fosfor aanwezig- bepaald door vastlegging aan ijzer(hydr)oxiden en in basenrijk milieu aan calcium. Sulfiden binden sterk aan ijzer, waarbij fosfaat in oplossing kan gaan. Een overmaat aan ijzer in de bodem voorkomt dit proces. De leemlagen in De Bruuk zijn over het algemeen ijzerrijk. Wanneer de aanvoer van zwavel via het grondwater zeer hoog is en de aanvoer van ijzer gering, kan dit ertoe leiden dat de verhouding Fe/S in de bodem te laag wordt. Dit is niet te verwachten, indien de aanvoer van sulfaat geringer is dan die van ijzer (Fe/S >1), of wanneer het sulfaat via afstromend oppervlaktewater weer uit het gebied verdwijnt. Met deze vuistregels wordt de toestand (en verderop de trend) van de procesindicator grondwaterkwaliteit voor het functioneren van het geohydrochemisch systeem besproken.

Resultaten

Zoals verwacht is over het algemeen Ca het dominante kation en ligt de hardheid tussen 1 en 2,5 mmol/l en de pH op 6,0 of hoger. Het aandeel Mg in de hardheid is op de meeste locaties niet duidelijk verhoogd. Ook het K-gehalte is op de meeste locaties niet hoger dan van nature verwacht.

Het nitraatgehalte is in alle monsters laag. De ammoniumgehalten zijn op de meeste plekken eveneens vrij gering (meestal 0,03 mmol/l of minder). De ortho-fosfaatgehalten liggen overwegend tussen 0,1 en 0,6 µmol/l (0,0001-0,0006 mmol/l). De kaliumgehalten liggen (m.u.v. B4) overwegend lager dan 0,05 mmol/l en daarmee binnen natuurlijke waarden (Jalink en Van Beek, 2001). De sulfaatgehalten zijn echter op meerdere locaties zeer hoog, mogelijk mede als gevolg van oxidatie van sulfiden bij denitrificatie van nitraat (Jalink, 2012; 2021). Ze verhullen als het ware de belasting van het grondwatersysteem met inzijgend nitraat.

Er zijn echter twee parameters, die op de meeste plekken zorg baren:

- Het sulfaatgehalte is over het algemeen hoog tot zeer hoog. Sulfaat kan dienen als oxidator, waardoor veen en bodemorganische stof wordt afgebroken, wat leidt tot het vrijkomen van nutriënten (mineralisatie, interne eutrofiëring); het gevormde sulfide bindt sterk aan ijzer en kan (bij een overmaat zwavel t.o.v. ijzer) eventueel leiden tot het oplossen van ijzer-gebonden fosfaat (interne eutrofiëring). Vrij waterstofsulfide (HS^-, H_2S) is bovendien toxisch in oppervlaktewater en in waterverzadigde bodems.

- Uit eerder onderzoek is gebleken dat de uitspoeling van nitraat in omliggende intrekgebieden hoog is, maar dat in het grondwatersysteem denitrificatie optreedt, waarbij organische stof en ijzersulfiden worden geoxideerd. Daarbij verdwijnt nitraat en ontstaan hoge concentraties sulfaat (Jalink, 2021). Dit proces verhult de belasting van het grondwatersysteem met nitraat en is bovendien eindig: als het organisch stof en de ijzersulfiden langs de stroombaan zijn opgebruikt, stopt de denitrificatie en zal het

kwelwater in de Bruuk nitraat-rijk worden. Dat verhoogt dan de stikstofbeschikbaarheid in de wortelzone en kan ook zorgen voor versnelde afbraak van moerige of venige lagen. Beide zorgen voor eutrofiëring.

- De aanvoer van ijzer via het grondwater is tientallen tot enkele honderden malen kleiner dan die van zwavel; dit kan ertoe leiden dat de huidige P-bindingscapaciteit in de bodem (nu nog overmaat ijzer t.o.v. zwavel) op termijn omslaat in een veel lagere P-binding.

Conclusie: hoewel landbouwgronden in het intrekgebied bemest worden, is de directe aanvoer van nutriënten (N,P,K) via het grondwater op het moment beperkt, echter de aanvoer van sulfaat is hoog. De aanvoer van sulfaat kan leiden tot interne eutrofiëring en in sommige gevallen tot toxiciteit voor water- en moerasplanten. Op termijn kan doorslag van nitraat naar de wortelzone optreden (directe eutrofiëring via het grondwater), namelijk wanneer de buffer aan ijzersulfiden en reactief organische stof is uitgeput. Ook kan op termijn P vrijkomen doordat de Fe/S ratio in de bodem te laag wordt door hogere aanvoer van S dan Fe. Hoewel de aanvoer van nutriënten (N,P,K) via het grondwater (nu nog) laag is, leidt de bemesting van delen van het intrekgebied al wel tot sulfaatproblematiek en zal naar verwachting bij onverminderde bemesting op termijn nitraatrijk grondwater in de Bruuk opkwellen.

5.2.3 Trend waterkwaliteit

Van 14 peilbuizen is duidelijk dat ze ook in 2009 zijn bemonsterd. Aangezien die bemonstering in februari 2009 plaatsvond zijn de analysegegevens van die maand vergeleken met de februari bemonsteringen in 2019 en 2020, en is de septemberbemonstering van 2019 buiten beschouwing gelaten. De verschillen en conclusies per meetpunt zijn samengevat in tTabel 5-1, de voornaamste parameters en indices zijn opgenomen in bijlage IV; naar Jalink, 2021). Er is geen sprake van een eenduidige verandering in alle peilbuizen tegelijk. In een aantal buizen is geen duidelijke verandering waar te nemen. In één buis (693-2) lijkt de invloed van gebufferd grondwater toegenomen. In zes buizen lijkt de invloed van gebufferd grondwater wat afgenomen en die van regenwater toegenomen. In enkele buizen gaat dat samen met tekenen van oxidatie (toegenomen sulfaat en afgenomen Fe(II). Nadere analyse van deze veranderingen op basis van langere monitoringsreeksen in relatie met grondwaterstandsverloop, stijghoogteverschillen, neerslagoverschotten en tussentijds genomen maatregelen geven mogelijk meer inzicht in oorzaken achter deze veranderingen.

Tabel 5-1: Trends op basis van waterkwaliteitsgegevens 2009 en 2019/2020.

Meetpunt	Geobserveerde verschillen	Conclusie
B8-1	HCO_3 <, SO_4>; verder wisselend 2019/20; 2020 ook TH, Cl, Na <	Oxidatie; 2020 regenwaterinvloed mogelijk >
B8-2	Ongeveer gelijk; 2020 Cl en Na <	Geen trend; 2020 regenwaterinvloed mogelijk >
B713-1	TH, HCO_3, SI-kalk, Na, Cl, Fe <	Buffering <; regenwater invloed >
B7-1	HCO_3, Na, Fe <, SO_4 >; verder wisselend 2019/20; 2020 ook Cl <	Oxidatie; regenwater invloed >
B7-2	Na, Fe <;	Mogelijk Nog stabiel
B485-1	TH, HCO_3, SI-kalk, Na, Fe <	Buffering <; regenwater invloed >
B485-2	Fe <, verder geen duidelijke verandering	Nog stabiel en kalk gebufferd

B693-1	HCO_3, Na, Fe <, SO_4 >	Oxidatie; regenwater invloed mogelijk >
B693-2	TH, HCO_3 >	Grondwaterinvloed mogelijk >
B3-1	Ongeveer gelijk	Geen trend
B3-2	Ongeveer gelijk	Geen trend
B2-1	TH en HCO_3 laag; Cl <, 2020 ook Na <	Regenwater invloed mogelijk >
B2-2	Ongeveer gelijk, alleen Na <	Geen trend
B1-2	TH <; SO_4>	Oxidatie

5.2.4 Conclusies en aanbevelingen:

- m.u.v. de hoge S-gehalten lijkt de grondwaterkwaliteit –mits deze opkwelt tot in de wortelzone- geschikt voor behoud basenminnende schraallanden.

- op basis van eerdere analyse (opgenomen in Jalink 2021) is er een nitraatfront vanaf omliggende hogere gronden, dat in ondergrond verandert in een sulfaatfront dat het kwelwater domineert. Het risico hiervan is 1) veenoxidatie door SO_4, 2) P-mobilisatie en 3) S-toxiciteit in waterverzadigde lagen;. Veenoxidatie en P-mobilisatie kunnen leiden tot eutrofiëring, S-toxiciteit kan leiden tot het afsterven van submerse waterplanten en van bepaalde soorten op moerassige bodems. Aanbevelingen:

- Gezien de geringe aanvoer van Fe t.o.v. S is het van belang de voorraad Fe en S van de bodem te blijven monitoren. Sulfiden binden sterk aan Fe, waardoor ijzergebonden P vrijkomt (eutrofiëring) en/of er kan vrij sulfide in het bodemwater gaan zitten, wat toxisch is voor de plantenwortels. Monitoring van de Fe en S is al onderdeel van het meetplan, onderdeel bodemchemie.

- Bij aëratie van voorheen (periodiek) waterverzadigde bodemlagen oxideert sulfide tot gemakkelijk oplosbaar sulfaat, en ijzer (II) tot moeilijk oplosbaar ijzer(III). Daardoor is de afvoer van S uit het systeem veel gemakkelijker dan afvoer van Fe. Om de balans tussen beide parameters te bewaken is het van belang de uitstroom van SO_4 via oppervlaktewater te monitoren. Dit kan net voor het uitstroompunt in de Leigraaf gebeuren. Deze monitoring dient dan onderdeel te worden van bemonstering hydrochemie.

- Brongerichte maatregel om deze problematiek tegen te gaan is de NO_3 belasting in intrekgebieden te verminderen, dat vermindert SO_4-aanvoer, voorkomt doorslag NO_3 en vermindert waarschijnlijk belasting met NH_4;

- Smits et al (2016) schrijven voor om de grondwaterkwaliteit van de wortelzone te monitoren om herstel van zuurgraad en basenrijkdom inzichtelijk te maken. Voor de vegetatie is immers de waterkwaliteit in de wortelzone cruciaal. De waterkwaliteit in de peilbuizen geeft inzicht in gradiënten in het hydrologisch/hydrochemisch systeem en herstel daarvan. Metingen in de wortelzone laten zien of het beoogde kwelwater ook daadwerkelijk van invloed is op de vegetatie. Het verdient daarom aanbeveling om de grondwaterkwaliteit van de wortelzone, in aanvulling op de huidige monitoring van de ondiepe peilbuisfilters, ook te monitoren middels rhizons/poreuze cups. Deze poreuze cups dienen in elk geval bij de peilbuizen geplaatst te worden en op een aantal locaties - met oog voor de gradiënt in het terrein – ook er tussen. De precieze locaties en bemonsteringsfrequentie dienen nader bepaald te worden.

5.3 Bodemchemie

5.3.1 Achtergrond en aanpak

Deze indicator is van belang voor H6410 Blauwgraslanden, zowel voor beoordeling van de standplaats als van de ontwikkeling van de buffercapaciteit en de voedselrijkdom van de bodem. Het meetplan noemt als doel voor de bodemanalyse om te kunnen vaststellen of er herstel optreedt van de bodem door de invloed van het grondwater.

Als brondata is gebruikt het bestand "Analyseresultaten De Bruuk_18juni2020.xlsx", opgesteld door B-Ware en aangeleverd door Provincie Gelderland. De bodemmonsters zijn genomen op 19 februari 2019. Het betrof mengmonsters van steeds drie steekmonsters van 0-15 cm diepte.

Het meetplan geeft geen streefwaarden of aanwijzingen voor de interpretatie van de meetgegevens. Er zijn bovendien weinig referentiegegevens in de literatuur beschikbaar en de meetgegevens sluiten daarbij vaak niet aan. Voor Olsen-P is een oplossing gevonden door gebruik te maken van de normen uit het meetplan Empese en Tondense Heide (Hanhart en Van Ek, 2017), die 300 µmol/l hanteren als bovengrens.

De resultaten van de zoutextracties konden vanwege het gebruik van een andere extractievloeistof (NaCl i.p.v. SrCl) niet worden geïnterpreteerd in relatie tot de eerdere bemonsteringen (Smolders et al., 2009). pH-H_2O-waarden, waarop de ecologische vereisten Natura 2000 (Runhaar et al., 2009) zijn gebaseerd, zijn niet gemeten en niet eenduidig af te leiden uit de pH-NaCl-waarden. Binnen de kaders van het pilotproject PAS-monitoring was het daardoor niet mogelijk een beoordeling van alle relevante bodemkenmerken af te leiden.

5.3.2 Toelichting en resultaten data-analyse

De analyseresultaten zijn weergegeven in Bijlage V. Anders dan in 2009 en dan in het meetplan aangegeven zijn de extracties uitgevoerd met NaCl in plaats van SrCl. Het is onduidelijk of en hoe resultaten van verschillende extractietechnieken met elkaar te vergelijken zijn. Daarnaast komen slechts twee locaties uit het meetplan min of meer overeen met locaties uit 2009. Een vergelijking tussen beide jaren is daarom niet opgesteld. De data analyse betreft dus de gegevens van 2019.

Op de gemeten gehalten is nog de volgende berekening uitgevoerd:

De ratio Fe:S is berekend op basis van de totaalgehalten (destructie) (o.b.v. mmol/l): dit geeft de verhouding tussen totaal-Fe en totaal-S in het bodemmonster weer. Naarmate dit quotiënt een hogere waarde heeft, is het vermogen sulfiden te binden naar verwachting hoger en daarmee ook het vermogen P te binden. Kanttekening hierbij is wel, dat bij destructie alle aanwezige Fe en S worden gemeten en geen onderscheid kan worden gemaakt in de daadwerkelijk relevante ijzer(hydr)oxiden, organisch gebonden ijzer en andere ijzervormen, en dat bij zwavel geen onderscheid kan worden gemaakt tussen sulfiden, geadsorbeerd sulfaat en organisch gebonden zwavel. Het betreft vooralsnog een relatieve maat, die vergelijking tussen locaties mogelijk maakt, maar geen maat voor absolute bindingscapaciteit.

Algemene kenmerken: vier locaties (C6, C7, 713 en 485) hebben een organisch stofgehalte (OS) van meer dan 25%, hoog vochtgehalte (ca 60% of meer) en laag massavolume (drooggewicht) ("venige bodems"). Op de overige locaties is het organisch stofgehalte tussen 2 en 13% en het vochtgehalte tussen 22 en 45%. (NB In het databestand is niet aangegeven of het OS% van natte of gedroogde grond is. In de beschrijving is uitgegaan van gedroogde grond, aangezien anders opgetelde percentages boven 100% zouden liggen). Aanbeveling is de gehanteerde monsterbehandeling en analysemethoden vast te leggen in de rapportage daarover en in het vervolg ook in de rapportage evaluatie monitoring procesindicatoren.

pH bodem:
De pH is gemeten als pH-NaCl. Het is onduidelijk hoe deze waarden te vertalen zijn naar pH-H_2O, waarop de

Ecologische Vereisten gebaseerd zijn. pH-H_2O is over het algemeen hoger dan pH-KCl (bij lage waarden tot 1 pH-eenheid verschil), waarschijnlijk zijn de verschillen met pH-NaCl in vergelijkbare grootte orde. Daarvan uitgaande liggen de pH-NaCl-waarden (3,98-5,53) binnen het kernbereik of lage aanvullend bereik van H6410 Blauwgraslanden. Aanbeveling is om ook pH-H_2O te meten.

Basenverzadiging:

- De gepresenteerde basenverzadiging BV-z is extreem hoog, namelijk 97-100%. Dit lijkt niet realistisch gezien de vegetatieontwikkeling. Een beschrijving van de gehanteerde definitie voor basenverzadiging ontbreekt. Uitgaande van de gebruikelijke definitie is de basenverzadiging niet te berekenen vanwege het ontbreken van extraheerbaar Na. De hier gepresenteerde basenverzadiging is daardoor niet goed te vergelijken met referentiewaarden. De hier gepresenteerde waarden komen (bij de gebruikelijke bepaling) normaal alleen in kalkhoudende bodems voor. Gezien de hoge waarden valt geen toename te verwachten bij toenemende grondwaterinvloed. De gehanteerde basenverzadigingsmethode is daarmee weinig bruikbaar voor de monitoring. Aanbeveling is om de gebruikelijke definitie van basenverzadiging in het meetplan op te nemen en deze voortaan te hanteren bij de chemische analyses.

- De gemeten totaalgehalten Ca en Mg (destructie) zijn niet direct vertaalbaar naar de buffercapaciteit van de bodem. Het betreft de som van geadsorbeerd Ca, mineraal Ca (CaCO3 en veldspaten) en in organische stof vastgelegd Ca (m.n. in celwanden van plantenresten en in bodem-organismen). Een klein deel van het gemeten Ca en Mg kan bij het drogen van de bodemmonsters zijn neergeslagen uit oplossing; echter, aangezien het Ca-gehalte in het bodemvocht en grondwater meestal lager is dan 2 mmol/l (data 2019 en data Smolders e.a., 2009) en het vochtgehalte maximaal 75% in de venige bodems is het totaal opgelost Ca maximaal 2 mmol/l vochtige bodem en daarmee minder dan 5% van het totaal in de bodem aanwezige extraheerbare Ca en Mg.

- De geadsorbeerde fractie (Ca+Mg) wordt benaderd door de zoutextractie. Deze fractie kan worden uitgewisseld tegen H⁺-ionen en vormt daarmee de "snelle" buffercapaciteit van de bodem.

    - Zout extraheerbaar Ca+Mg liggen tussen 22 en 40 mmol/l; er is geen duidelijk verschil tussen venige en overwegend minerale bodems en er is geen duidelijke relatie met pH-NaCl.

    - De drie hoogste waarden totaal-Ca (in mmol/l vochtig) komen voor in venige bodem (C6, C7, B485). Dit lijkt erop te wijzen dat in organische stof relatief veel Ca is vastgelegd.

Voedselrijkdom:

- Voor de P-beschikbaarheid (gemeten als Olsen P) is de norm uit het meetplan Empese en Tondense Heide (Hanhart en Van Ek, 2017) gebruikt: als P-Olsen < 300 µmol/l, dan is sprake van een P-arm systeem; in de beoordeling toestand habitattype (hoofdstuk 4) is aanvullend hierop het bereik 300-600 µmol/l als redelijk en boven 1000 µmol/l als slecht geïnterpreteerd[2].

- Er worden in het meetplan geen referentiewaarden gegeven voor bodemgehalten voor K en N en deze zijn in de literatuur (nog) niet gevonden. Beoordeling op deze procesindicatoren is dus nog niet mogelijk.

[2] Na afronden van bovenstaande analyse bleek, dat Smolders et al., 2009 de conclusie trokken dat gebufferde schraalland vegetaties in de Bruuk zich goed ontwikkelden op bodems met een Olsen-P lager dan 750 µmol/l en totaal-P lager dan 15 mmol/l (meestal lager dan 10). De bovenstaande grenswaarden sluiten daar redelijk bij aan.

- C4 (B4-1/2) heeft hoogste Olsen-P, NO_3-ads, NH_4-ads, K-ads en PO_4-ads en is daarmee de meest voedselrijke locatie. Toch is er op of in nabije omgeving H6410 Blauwgrasland aanwezig. Advies is om de relatie tussen vegetatie en bemonsteringsdiepte op deze locatie nader te analyseren en zo nodig de monitoring aan te passen.

5.3.3 Conclusie en aanbevelingen

- Het meetplan geeft geen referentiewaarden voor beoordeling van bodemchemische data. Hierdoor is het op dit moment niet goed mogelijk deze data te interpreteren. Daarom de aanbeveling om hiervoor referentiewaarden te gaan opstellen.

- De berekende basenverzadigingen zijn extreem hoog: 97-100%. Dit past niet bij het beeld van (oppervlakkig) verzuurde schraallanden. Waarschijnlijk heeft dit te maken met de gehanteerde definitie van basenverzadiging (die echter niet in de rapportage is vermeld). Ook Smolders e.a., (2009) wijkt daarin af van gangbare (Scheffer en Schachtschabel, 1984) en lijkt daarmee niet een-op-een vergelijkbaar (zie ook Jalink en Jansen, 1989; Aggenbach et al., 1999). Aanbeveling is de gangbare bepaling van de basenverzadiging te hanteren.

- voor monitoring van trends is deze methode op termijn wel geschikt, mits de analysetechniek gelijk blijft én mits bemonsterde locatie en horizont goed vergelijkbaar zijn (de ruimtelijke variatie in bodemsamenstelling op korte afstand is vaak zeer groot; daarnaast is van belang dat er geen bodemingreep is geweest –b.v. plaggen- want dan wordt niet effect van hydrologisch herstel gemeten, maar van blootleggen diepere bodemhorizont;

- Vergelijking met oudere data is lastig vanwege verschillen in analysetechniek en locatie. Standaardisering van methodiek is daarom te adviseren.

- Verdere aanbeveling is het meten van pH-profielen en een kalkbepaling (10% HCl-oplossing). Op die manier kan op relatief eenvoudige wijze per meetpunt de pH en kalkgehalte met toenemende diepte worden bepaald. De gewenste verandering in pH kan worden getoetst aan verandering in het pH-profiel. Het pH-profiel kan ook worden getoetst aan de ecologische vereisten van habitattypen, voor zover het profiel beworteld is.Op welke plekken dit het beste kan worden uitgevoerd, dient nader te worden bepaald. Belangrijk om hierbij aansluiting te zoeken bij de (onzes inziens nog uit te breiden) vegetatietransecten en te meten op plekken waar veranderingen te verwachten zijn.

5.4 Ontwikkeling vegetatie

5.4.1 Achtergrond

Om te kunnen beoordelen of herstelmaatregelen hebben geleid tot positieve effecten van de vegetatie, is het noodzakelijk om (soort)karteringen in de tijd te herhalen om zo bijvoorbeeld een toename van kenmerkende soorten of van soorten die indicatief zijn voor basenrijke kwel in beeld te kunnen brengen. In 2020 is hiertoe een start gemaakt (nul-situatie) met het karteren van plantensoorten langs vier transecten in de oostelijke schraallanden (zie Figuur 5-1). Elk transect is in grids van 3 x 3 m verdeeld en per grid zijn typische en SNL soorten gekarteerd. Daarnaast is van een aantal gridcellen een volledige vegetatiekundige opname gemaakt met het doel deze later te herhalen (Permanente Kwadraten, PQ). Het formaat (3x3 m) wijkt af van het voorschrift in het meetplan (2x2 m), maar dit is geen probleem mits dezelfde maat in de toekomst wordt aangehouden. Aanbeveling is de bij de eerste veldkartering gehanteerde methodiek in het meetplan vast te leggen, zodat in de toekomst de zelfde methodiek gebruikt gaat worden.

Wanneer deze kartering in de toekomst herhaald wordt, kan op basis van verandering in soortenaantallen worden beoordeeld of in de plots een positieve of negatieve verandering in indicatorsoorten optreedt. Op dit moment is een trendanalyse nog niet mogelijk.

Figuur 5-1: locaties van de transecten in de oostelijke schraallanden van De Bruuk (bron: Transecten Bruuk PASmonitoing.pptx, aangeleverd door Provincie Gelderland).

5.4.2 Aanpak

Van drie van de vier aangeleverde transecten hebben wij data ontvangen (transecten 2, 3, en 4, databestand "Bruuk-pq"en "Bruuk_flora transecten"). Dit bestand hebben wij omgevormd naar tabellen waarin (de mate van) voorkomen van een soort per permanent kwadraat of gridcel is aangegeven. De tabellen geven de data weer zoals aangeleverd. Voor de veenmossen zijn de tabellen lastig leesbaar, doordat deze soms wel op soort benoemd zijn (en in betreffende regel weergegeven) en soms niet (regel Veenmos (G)). In sommige gevallen geeft Veenmos (G) de totale veenmos-abundantie weer, in andere de gezamenlijke abundantie van niet gedetermineerde veenmossen. Aanbeveling is om hier eenduidigheid in te brengen door in de monitoring "Veenmos-totaal" toe te voegen. Alle veenmossoorten kunnen verzurend werken, door het vasthouden van veel regenwater en door het afscheiden van waterstof-ionen om andere kationen op te nemen. De individuele veenmossoorten indiceren wel een verschillend deel van het pH-bereik (Jalink, 1996; Aggenbach et al., 1998). Soorten van relatief basenrijke standplaatsen (zoal Slap, Sparrig of Glanzend veenmos) passen binnen het pH-bereik van H6410 Blauwgrasland en geven aanleiding de kwaliteit laag in te schatten. Echter, bij dominantie wijzen ze wel op het proces van verzuring, dat later kan leiden tot zuurdere omstandigheden en een andere soortensamenstelling. In dat geval dient men dus alert te zijn op verdere verzuring en zonodig maatregelen te nemen. Het verdient daarom aanbeveling veenmossen op soortniveau te monitoren.

Verder bleek bij het analyseren van de PQ-gegevens dat soms in de gridcel geen veenmos is vermeld, maar deze wel in het PQ voorkomen. In dat geval is bij het scoren van de gridcel een fout gemaakt. Gezien de indicatie van veenmossen voor verzuring is het advies in alle gridcellen en PQ's 'veenmos-totaal' in het veldformulier op te nemen.

Op basis van de aanwezigheid van kensoorten en differentiërende soorten volgens De Vegetatie van Nederland (Schaminée et al., 1996) en de Revisie Vegetatie van Nederland (Schaminée et al., 2017) zijn de PQ-opnamen toegekend aan syntaxa (plantengemeenschappen) volgens deze typologie. De PQ-opnamen, ken- en

differentiërende soorten en de vegetatiekundige indeling zijn weergegeven in bijlage 9-VI. De vegetatiekundige toekenning is ook opgenomen onderaan de tabellen met gridcellen, bij de betreffende gridcel.

In de tabellen is de kleurcodering gebruikt zoals in tabel 5.2 is aangegeven. Ook is vermeld of het typische en/of SNL karteersoorten betreft, dan wel bijzondere mossen voor moeras en nat schraalland conform tabellen 1 en 2 uit Bouwman en Van Os, 2017. Een toename van typische en kenmerkende soorten wordt als een positief effect beoordeeld. Het meetplan geeft in tabel 3 aanvullende plantensoorten weer die indicatief zijn voor milieuaspecten zoals bv nat-droog en basisch-zuur. De vermelde soorten zijn in het meetplan echter niet gekoppeld aan een indicatie voor positieve dan wel negatieve trend en zijn in deze evaluatie vooralsnog buiten beschouwing gelaten. Wij bevelen overigens aan om de indicatie van plantensoorten voor verandering specifiek te maken voor de uitgangs-vegetatie (dus t.o.v. nul-situatie in termen van (sub)associaties en specifieke rompgemeenschappen).

Tabel 5.2 kleurcodering per SBB-aantalsklasse.

Code	SBB-aantalsklassen	Indicatie
0	geen individuen	
1	1-3 individuen	
2	3-10 individuen	
3	10-100 individuen	
4	100-1000 individuen	
5	meer dan 1000 individuen	

5.4.3 Toelichting en resultaten data-analyse

In tabellen 5.4 – 5.6 is voor transecten 2, 3 en 4 de mate van abundantie weergegeven per gridcel.

Transect 2 bestaat overwegend uit een betrekkelijk soortenarme, door Veenmos (en deels door Pijpenstrootje) gedomineerde vorm van de Veldrus-associatie. Herstel van grondwaterinvloed zou in dit transect moeten leiden tot een toename van indicatoren voor basenrijkdom en afname van indicatoren voor zure standplaatsen.

Transect 3 bestaat deels uit Veldrus-associatie, deels uit Ass. van Spaanse ruiter en Pijpenstrootje. De soortenrijkdom is aanzienlijk hoger dan in transect 2. Dominanties van zuur-indicatoren (Veenmos en Pijpenstrootje) zijn beperkt. Herstel van grondwaterinvloed kan leiden tot een toename basenminnende soorten en afname zuurminnende soorten (Veenmossen, Sterzegge e.d.)

Transect 4 bestaat overwegend uit de Veldrus-associatie. De soortenrijkdom is aanzienlijk hoger dan in transect 2. De dominantie van Veenmos in een groot deel van het transect wijst op verzuring. Herstel van grondwaterinvloed zou in dit transect moeten leiden tot een toename van indicatoren voor basenrijkdom en afname van indicatoren voor zure standplaatsen.

Tabel 5.3. Voorkomen en abundantie van plantensoorten per gridcel in transect 2. Zie tabel 5.1 voor kleurcodering. Type indicatie: T= typische soort, S = SNL karteersoort, M = bijzondere mossoort (cf. tabellen 1 en 2 in Bouwman en Van Os, 2017). Indicatie: + : toename van deze soort is een positief effect. Bij de gridcellen, die als PQ zijn opgenomen is onderaan de tabel het vegetatietype vermeld: CJ: Veldrus-associatie; CM: Blauwgrasland; toevoeging S: met veenmos-dominantie; in gridcel 2-18 ontbreekt veenmos in de soortenlijst, maar heeft in het PQ een hoge bedekking (75-100%) (zou moeten zijn aantalscode 5); in griidcel 2-25 is Gewoon veenmos aanwezig met aantalscode 5, voor het overzicht is het handig ook een regel op ten nemen met totaalbedekking veenmossen.

Nederlands	Wetenschap	Type indicatie	Indicatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Blauwe knoop	Succisa pratensis	T	+	3	3	2	2	1	3	3	2	2	1	0	2	3	0	2	1	2	0	2	2	1	1	0	2	0
Braam (G)	Rubus			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Gele lis	Iris pseudacorus			1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gevlekte orchis	Dactylorhiza maculata subsp. maculata	S		1	1	2	2	2	1	1	2	0	0	1	2	3	2	2	1	1	0	0	1	1	2	2	0	1
Gewoon veenmo	Sphagnum palustre			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Grote wederik	Lysimachia vulgaris			3	2	3	3	3	2	1	1	2	2	0	1	2	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moerasspirea	Filipendula ulmaria			1	2	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moerasviooltje	Viola palustris			2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	1	0	2	0	2	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Pijpenstrootje	Molinia caerulea			2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	8	4	4	4
Sterzegge	Carex echinata			0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	2	0	1	0	0	0	0	0
Tormentil	Potentilla erecta			3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	2	3	2	3	3	3	1
Veenmos (G)	Sphagnum spec.			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	5	5	5	5	5	0	0
Veldrus	Juncus acutiflorus			4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	4	3	3	4	3	3
Vegetatietype					CJS		CJS							CJS			CJS				CJS							

Tabel 5.4. Voorkomen en abundantie van plantensoorten per gridcel in transect 3. Zie tabel 5.1 voor kleurcodering. Type indicatie: T= typische soort, S = SNL karteersoort, M = bijzondere mossoort (cf. tabellen 1 en 2 in Bouwman en Van Os, 2017). Indicatie: + : toename van deze soort is een positief effect. Vegetatietype: CJ: Veldrus-associatie; CM: Blauwgrasland; toevoeging S: met veenmos-dominantie. In PQ3-25 komen Gewoon veenmos, Glanzend veenmos en Haakveenmos alle drie met bedekkingscode 2b voor. In de gridcel is alleen Glanzend veenmos vermeld.

Nederlands	Wetenschap	Type indicatie	Indicatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Blauwe knoop	Succisa pratensis	T	+	3	3	4	3	3	3	3	3	2	4	4	3	2	3	2	2	0	2	3	3	3	2	3	2	3	3	4	3	3	1	3	0
Blauwe zegge	Carex panicea	T	+	3	3	3	4	4	4	3	4	3	2	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	3	4	4	3	4	3	3	4	4	3	0	0
Boompjesmos	Climacium dendroides	M	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Echte koekoeksbloem	Silene flos-cuculi			2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	2	3	3
Geelhartje	Linum catharticum	S		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Gevlekte orchis	Dactylorhiza maculata subsp. maculata	S		2	2	3	2	1	2	2	2	3	2	2	1	1	2	1	1	2	2	3	2	1	2	2	1	2	2	2	1	1	2	2	0
Gewone dotterbloem	Caltha palustris subsp. palustris			0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gewoon veenmos	Sphagnum palustre			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0
Glanzend veenmos	Sphagnum subnitens	M	+	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Groot vedermos	Fissidens adianthoides	M	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grote wederik	Lysimachia vulgaris			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	1	1	1	2	2	0	0	2	3	1	0	2
Kleine valeriaan	Valeriana dioica	S		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	2	2	0	0	0	3	0	0	0
Knoopkruid	Centaurea jacea			2	3	3	3	2	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	2	1	1
Moerasspirea	Filipendula ulmaria			3	3	3	2	3	2	3	2	2	4	4	3	3	2	2	2	2	2	1	1	2	3	2	2	2	1	1	3	3	3	3	3
Moerasvilooltje	Viola palustris			3	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pijpenstrootje	Molinia caerulea			0	0	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0	0	0	0
Scherpe boterbloem	Ranunculus acris			1	2	2	2	2	2	0	2	2	2	1	0	0	2	1	2	2	2	3	3	3	2	2	0	0	0	2	2	2	1	0	0
Smalle weegbree	Plantago lanceolata			0	2	2	2	2	3	2	2	3	3	3	0	0	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	0	0	3	3	3	3	3	1
Sterzegge	Carex echinata			0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Tandjesgras	Danthonia decumbens			0	0	3	3	4	2	3	3	3	4	4	3	3	3	2	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	2	2	0	0	0
Tormentil	Potentilla erecta			3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0
Veenmos (G)	Sphagnum			0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4	3	3	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Veldrus	Juncus acutiflorus			4	4	4	4	3	3	4	4	4	3	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4
Veldzuring	Rumex acetosa			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1
Vlozegge	Carex pulicaris	TS	+	0	0	0	3	4	4	4	4	3	4	4	0	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	4	3	3	0	0	0
Vegetatietype						CJ		CM						CJ														CMS					CJ		

Tabel. 5.5 Voorkomen en abundantie van plantensoorten per gridcel in transect 4. Zie tabel 5.1 voor kleurcodering. Type indicatie: T= typische soort, S = SNL karteersoort, M = bijzondere mossoort (cf. tabellen 1 en 2 in Bouwman en Van Os, 2017). Indicatie: + : toename van deze soort is een positief effect. Vegetatietype: CJ: Veldrus-associatie; CM: Blauwgrasland; toevoeging S: met veenmos-dominantie; af: associatie-fragment. Alle veenmos in dit transect is benoemd als Gewoon veenmos.

Nederlands	Wetenschap	Type indicatie	Indicatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Blauwe knoop	Succisa pratensis	T	+	1	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	2	2	3	3	3	2	3	2	3	2	2	0
Blauwe zegge	Carex panicea	T	+	0	0	3	3	0	3	0	0	0	0	3	4	3	3	4	3	4	3	3	3	4	3	4	4	3	0
Fraai veenmos	Sphagnum fallax			0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geelhartje	Linum catharticum	S		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	2	1	0
Gevlekte orchis	Dactylorhiza maculata subsp. maculata	S		1	1	1	3	3	1	2	0	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gewoon veenmos	Sphagnum palustre			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0
Groot vedermos	Fissidens adianthoides	M	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0
Grote wederik	Lysimachia vulgaris			3	3	3	1	1	1	2	2	0	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	4	4	3	3	2
Hennegras	Calamagrostis canescens			0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4
Kleine valeriaan	Valeriana dioica	S		0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	4	3	4	3	4	4	4	3	4	3	3	0	0	0
Knoopkruid	Centaurea jacea			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	3	2	2	2	1	1	2	2	0	0
Moerasspirea	Filipendula ulmaria			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Moerasvilooltje	Viola palustris			1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pijpenstrootje	Molinia caerulea			0	3	3	3	3	3	2	2	2	3	2	2	2	1	0	0	3	3	2	2	4	4	3	3	0	0
Riet	Phragmites australis			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	3	3	3	3	3
Scherpe boterbloem	Ranunculus acris			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Sterzegge	Carex echinata			2	2	2	2	0	0	2	0	0	2	0	2	3	2	0	2	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0
Tandjesgras	Danthonia decumbens			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	2	0	2	3	0	0	0	0	0
Tormentil	Potentilla erecta			4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0
Veldrus	Juncus acutiflorus			0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3
Veldzuring	Rumex acetosa			0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wateraardbei	Comarum palustre			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0
Zompzegge	Carex curta			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vegetatietype					CJS			CJS		CJS						CJS								CJaf					

5.4.4 Conclusies en aanbevelingen

- Aangezien het de eerste meting betreft, zijn op basis van de gridgegevens en pq's op dit moment nog geen conclusies te trekken over veranderingen in standplaatscondities;

- De hoge bedekking door veenmos, in transect 2, een groot deel van transect 4 en een deel van transect 3, wijst op (in ieder geval) oppervlakkige verzuring

- Het overgrote deel van de als PQ-opgenomen gridcellen behoort tot de Veldrus-associatie (Crepido-Juncetum acutiflori, of een associatiefragment), slechts twee PQ's kunnen op basis van aanwezige kensoorten tot de het de Blauwgrasland-associatie (*Cirsio dissecti-Moliniëtum caeruleae*) worden gerekend. Beide associaties kwalificeren zelfstandig voor goed ontwikkeld H6410 Blauwgrasland. Ze verschillen wel in ecologische vereisten. Voor het behoud van de variatie binnen het habitattype is het daarom van belang dat beide associaties aanwezig blijven.

- De transecten omvatten alleen een deel van de oostelijke schraallanden, waar effecten van ingrepen in de Oostelijke Leijgraaf en interne maatregelen verwacht worden. In de centrale en westelijke schraallanden (o.a. Gagelperceel) en het ca 2007 nieuw ingerichte zijdal westelijk van de vuilstort ontbreekt een dergelijke monitoring, terwijl ook daar maatregelen ter herstel van de hydrologie worden genomen. Aanbeveling: breidt de transectmonitoring uit naar deze delen.

- In enkele gridcellen (zie tabel 5.3 en 5.4) komt in de PQ-opname veel veenmos voor, maar ontbreekt deze in de grid-gegevens. Aanbeveling is hierop te toetsen tijdens het veldwerk en bij invoer en opslag van gegevens. Bij aanwezigheid van verschillende, al dan niet gedetermineerde veenmossoorten is het raadzaam de totale veenmosabundantie op te nemen. Advies is dit op te nemen als onderdeel van de kopgegevens per gridcel en PQ.

- De indicatie voor een verandering is afhankelijk van de uitgangsituatie (bijvoorbeeld toename van Blauwe knoop kan in een goed ontwikkeld Blauwgrasland wijzen op verdroging (negatief), terwijl het bij ontwikkeling vanuit bijvoorbeeld Witbolgrasland wijst op verschraling (positief)). In het meetplan (tabel 3) is hiermee geen rekening gehouden. Aanbeveling is in het meetplan de indicatiewaarde van soorten aan te geven ten opzichte van de uitgangsvegetatie (vegetatietype op het nul-moment). Dit kan door per (kwalificerende) subassociatie of rompgemeenschap de indicatiewaarde van de soorten in tabel te zetten. Als de vegetatie tussentijds overgaat in een andere subassociatie, dan kunnen eenvoudig de indicatiewaarden voor die nieuwe uitgangssituatie worden toegepast.

- Advies is daarbij ook om bij de gridcellen aan te geven tot welk vegetatietype ze in de laatste vegetatiekartering gerekend zijn, zodat daarmee rekening kan worden gehouden bij de interpretatie van indicatorsoorten.

- De vegatiekundige/floristische monitoring is in het meetplan nog enkel gericht op H6410 Blauwgrasland. In De Bruuk komen echter diverse andere habitattypen voor, waarvoor conform het veegbesluit instandhoudingsdoelen gelden.
  Aanbeveling is de status van deze doelen vast te stellen en de monitoring hierop aan te passen.

6 Conclusies effectiviteit per herstelmaatregel-habitattype combinatie

Onderdeel van de evaluatie van procesindicatoren monitoring is om te komen tot conclusies t.a.v. de effectiviteit van herstelmaatregelen voor elke maatregel-habitattype combinatie waarbij het behalen van de doelstellingen op habitattypeniveau centraal staan. De relatie tussen de herstelmaatregelen en habitattype en de procesindicatoren waarmee de effecten van de maatregelen gemonitord worden, zijn vermeld in tabel 2.2. Een kanttekening hierbij is: wanneer (herstel)maatregelen in een kort tijdsbestek zijn uitgevoerd en hun effecten gemonitord worden middels overeenkomstige procesindicatoren, dan zal het in de praktijk moeilijk zijn om die effecten ter herleiden naar afzonderlijke maatregelen. De effectiviteit per maatregel-habitattype combinatie kan dan niet in detail gegeven worden. De eventueel waargenomen effecten zullen immers het gevolg zijn van een combinatie van maatregelen.

Uit voorgaande hoofdstukken is gebleken dat de meetreeksen van de gemonitorde procesindicatoren nog onvoldoende lang zijn om dergelijke conclusies te kunnen trekken. Daarvoor is het noodzakelijk om de monitoring voort te zetten om zo de meetreeksen te verlengen.

Ondanks dat conclusies dus nog niet kunnen worden getrokken, wordt in dit hoofdstuk wel het raamwerk geschetst waarmee in de toekomst de effectiviteit per maatregel-habitattype combinatie kan worden beoordeeld (Tabel 6-2). Voor deze beoordeling dient de scoresystematiek gebruikt te worden zoals vermeld in Tabel 6-1.

Tabel 6-1. Scoretabel effectiviteit herstelmaatregelen m.b.t. behalen doelstellingen op habitattypeniveau.

Effectiviteit maatregel	score
Positief effect waardoor doelstelling habitattype is gehaald	++
Positieve ontwikkeling zichtbaar waarmee doelstelling habitattype (met een aan zekerheid grenzende waarschijnlijkheid) gehaald gaat worden.	+
Effect en ontwikkeling zijn (nog) niet te duiden (*)	0
Onvoldoende effect en ontwikkeling duidt er op dat doelstelling habitattype niet gehaald zal gaan worden (**).	-

(*) Geef aan waarom de ontwikkeling nog niet te duiden is, en wat nodig is om in de toekomst de ontwikkeling wel te kunnen duiden.
(**) Geef aan welke (aanvullende) herstelmaatregel genomen zouden kunnen worden.

Tabel 6-2. Beoordeling van de effectiviteit per maatregel-habitattype combinatie volgens scoretabel 6-1.

Maatregel omschrijving		Beheer Plan-periode	Indicatoren	H6410 Blauwgraslanden
M1	Verondiepen en belemen interne sloten en greppels	1	abiotiek: peilbuizen, grondwaterkwaliteit en bodemchemie, soorten	
M2	Verondiepen en belemen Oude Leigraaf	1	abiotiek: peilbuizen, grondwaterkwaliteit en bodemchemie, soorten	
M3	Verondiepen, verbreden en belemen Oostelijke Leigraaf inclusief verwijderen drainage	1	abiotiek: peilbuizen, grondwaterkwaliteit en bodemchemie, soorten soorten	
M4	Peilverhoging Ashorstersloot ter hoogte van vuilstort	1	abiotiek: peilbuizen, grondwaterkwaliteit en bodemchemie, soorten soorten	
M5a	Verondiepen, verbreden en belemen Ashorstersloot langs de Ashorst	1	abiotiek: peilbuizen, grondwaterkwaliteit en bodemchemie, soorten soorten	
M5b	Verondiepen, verbreden en belemen Ashorstersloot langs de Ashorst	1	abiotiek: peilbuizen, grondwaterkwaliteit en bodemchemie, soorten soorten	
M6	Belemen Ashorstersloot bij Lage Horst en Plakse weg	1	abiotiek: peilbuizen, grondwaterkwaliteit en bodemchemie, soorten soorten	
M7	Verondiepen en belemen watergang westelijk deelgebied	1	abiotiek: peilbuizen, grondwaterkwaliteit en bodemchemie, soorten soorten	
M10	Ondiep plaggen van sterk verzuurde schraallanden	1,2,3	vegetatie: kartering, soorten	
M11	Omvormen bos en struweel naar Blauwgraslanden	2,3	Veldbezoek, vegetatie: kartering Soorten	
M12	Omvormen voedselrijke graslanden naar	2,3	vegetatie: kartering, soorten	
M8	Maatregelen ter voorkoming, beperking en compensatie van natschade als gevolg van hydrologisch herstel: (landbouwfuncties, bebouwing)	1	geen PI	
M9	Hydrologisch onderzoek ten behoeve van optimalisering maatregelen ter voorkoming, beperking en compensatie van natschade	1	geen PI	
M13	Onderzoek kennisleemten: Invloed vuilstort Dukenburg en Beïnvloedingszone nitraat/sulfaat	1	geen PI	

7 Conclusies herstel op gebiedsniveau

7.1.1 Conclusies doelstellingen op gebiedsniveau

Op basis van de resultaten van de beoordelingen in voorgaande hoofdstukken dienen op gebiedsniveau conclusies te worden getrokken over de mate van systeemherstel. Vragen die beantwoord dienen te worden zijn:

1) Treedt op gebiedsniveau zodanig systeemherstel op dat behoud en herstel van stikstofgevoelige habitattypen op termijn te verwachten is? Zo niet, voor welke habitattypen is het systeemherstel onvoldoende en waardoor wordt dit veroorzaakt.

2) Is te verwachten dat met de reeds voorgenomen maar nog uit te voeren PAS/Natura 2000 herstelmaatregelen het gewenste systeemherstel bereikt zal worden?

3) Zijn aanvullende herstelmaatregelen nodig?

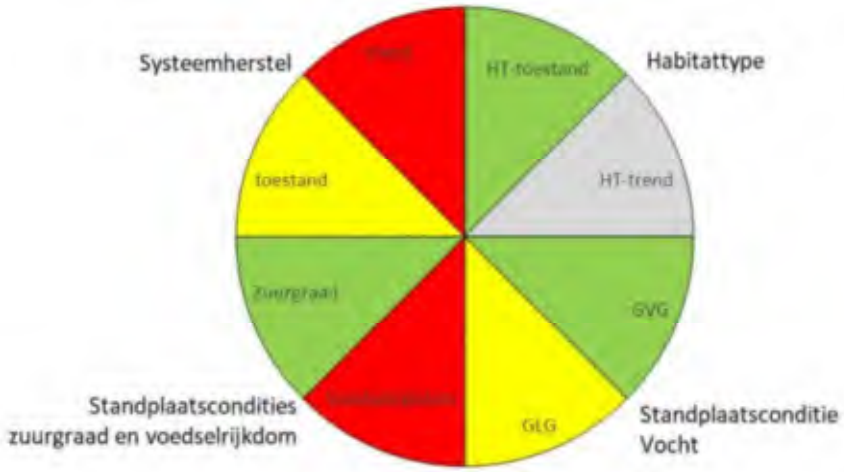
Voor De Bruuk is het op dit moment nog niet mogelijk om een goed antwoord op deze vragen te geven. De maatregelen in De Bruuk zijn gericht op H6410 Blauwgraslanden, maar ook de andere aanwezige habitattypen dienen hierin meegenomen te worden. Een deel van de herstelmaatregelen zijn al voor het vaststellen van de PAS-gebiedsanalyse in 2015 uitgevoerd. Dit betreffen interne maatregelen. Sindsdien zijn, tot voor kort, geen maatregelen meer uitgevoerd. De effecten van de eerder genomen maatregelen kunnen met de huidige monitoring niet goed worden vastgesteld. De resultaten van deze procesmonitoring kunnen echter wel worden gezien als een nul-monitoring voor recent genomen en nog te nemen maatregelen.

7.1.2 Visualisatie beoordeling toestand en trend per meetlocatie

Om snel inzicht te krijgen in de actuele toestand en trend in ontwikkeling per meetlocatie, is een taartdiagram ontwikkeld waarin acht belangrijke indicatoren en beoordelingen zijn weergegeven middels een 'stoplichten' systematiek. Zie Figuur 7-1 voor een voorbeeld. Deze diagrammen kunnen ook per meetpunt op kaart worden weergegeven. Deze figuren zijn voor De Bruuk nog niet verder uitgewerkt.

Tabel 7-1. Beoordelingssystematiek toestand en trend per meetlocatie.

Kleurcode	Toestand	Trend
	voldoet aan kernbereik	positieve trend
	voldoet aan aanvullend bereik	aanwijzing voor positieve trend
	nabij aanvullend bereik	
	voldoet niet aan vereisten	negatieve trend
		trend niet te duiden of geen trend
	geen data beschikbaar	geen data beschikbaar



Figuur 7-1. Voorbeeld van toestandsbeoordeling op puntlocatieniveau. De belangrijkste ecologische vereisten worden in dit taartdiagram vermeld.

7.1.3 Aanbevelingen

Uit de evaluatie van de monitoringsgegevens van de procesindicatoren zijn verschillende aanbevelingen naar voren gekomen die in voorgaande hoofdstukken zijn beschreven. Sommige zijn op het niveau van afzonderlijke procesindicatoren (zie hoofdstukken 4 en 5), andere zijn wat meer algemeen van aard. Die laatste categorie wordt hier herhaald;

- Breid het meetplan uit met meetpunten (peilbuizen, bodem- en waterchemie) voor de overige voorkomende habitattypen zodat ontwikkelingen ook in deze habitattypen kunnen worden gevolgd.
- Objectiveer beoordeling door toevoegen maatlatten voor indicatorsoorten (context-afhankelijk), bodemchemie en waterchemie
- Voeg een overzicht toe waarin per meetpunt wordt aangegeven wat het meetdoel is. Dit overzicht dient de volgende informatie te bevatten: aanwezig of representatief habitattype, idem m.b.t vegetatietype/plantengemeenschap (of relatie daarmee), te meten procesindicatoren, (ecohydrologische) doelstelling, (modelmatig) voorspeld effect maatregelen. Op die manier worden de meetvragen duidelijk. Doe dit niet alleen voor het habitattype H6410 Blauwgraslanden maar ook voor de andere aanwezige habitattypen.
- In De Bruuk is de bodem sterk gestratificeerd. Bemonster de waterkwaliteit daarom ook van een selectie van de diepe peilbuisfilters. Op die manier komen effecten in de diepere peilbuizen in beeld en wordt het mogelijk de ondiepe grondwaterkwaliteit te verklaren aan de hand van veranderende kwelflux en kwelwaterkwaliteit op grotere diepte.
- Breng de grondwatermeetreeksen op orde (controleren, aanvullen en valideren van data) om zo goede analyse van deze reeksen mogelijk te maken.
- Werk de systematiek om ontwikkelingen in vegetatie te duiden aan de hand van indicatiewaarden van afzonderlijke plantensoorten verder uit.

8 Literatuurlijst

Aggenbach, C.J.S., Jalink, M.H., Jansen, A.J.M., 1998: Indicatorsoorten 5: Vennen. Boek, uitgave Staatsbosbeheer i.s.m. VEWIN, IKC-Natuurbeheer en Kiwa. Driebergen

Aggenbach, C.J.S., Jalink, M.H., Jansen, A.J.M., Van Boschinga, W., 1998. De gewenste grondwatersituatie voor terrestrische vegetatietypen in pleistoceen Nederland. NOV-rapport 3.2, RIZA/Kiwa

Beek, K. van, Berg, G, van den., Jalink, M., 2006: Kennisdocument Achterhoek. Winningen 't Klooster en Olde Kaste. KWR 06.006, Kiwa, Nieuwegein

Beek, J.G van, R.F. van Rosmalen, B.F. van Tooren, en P.C. van der Molen (allen red.) Werkwijze Natuurmonitoring en –Beoordeling Natuurnetwerk en Natura 2000/PAS (+ 2 bijlagedocumenten) BIJ12, Utrecht 2014.

Bouwman, J.H. en Van Os, M. 2017. Meetplan PAS Procesindicatoren De Bruuk. Coöperatie Bosgroep Midden Nederland.

Cirkel, D.G., Witte, J.P.M., et al. – The influence of spatiotemporal variability and adaptations to hypoxia on empirical relationships between soil acidity and vegetation – Ecohydrology 7(2014)1, p.21-32

DLG, 2016. Beheerplan Natura 2000-gebied 069, De Bruuk.

Hanhart, K en Van Ek, R, 2017. Meetplan PAS procesindicatoren. 058 Landgoederen Brummen – deelgebied Empese en Tondense heide. Definitief.

Jalink, M.H., 2010: Basenrijk grondwater in het Binnenveld. Rapport KWR 2010.102, KWR Watercycle research institute, NieuwegeinJalink,

Jalink, M.H., 1996: Indicatorsoorten 3: Laagveenmoerassen. Boek, uitgave Staatsbosbeheer i.s.m. VEWIN, IKC-Natuurbeheer en Kiwa. Driebergen

Jalink, M.H., 2021. Data-analyse t.b.v. Natura 2000 beheerplan De Bruuk. KWR rapport 2021.032.

Jalink, M.H., Jansen, A.J.M., 1995: Indicatorsoorten 2: Beekdalen. Boek, uitgave Staatsbosbeheer i.s.m. VEWIN, IKC-Natuurbeheer en Kiwa. Driebergen

Jalink, M.H. en Van Beek, C.G.E.M., 2000: Lithoclien grondwater in Noord-Brabantse natuurgebieden. Herkomst, processen en kenmerken Rapport BTO 2000.101©, Kiwa N.V. Onderzoek en Advies, Nieuwegein

Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder en E.J. Weeda, 1996: De Vegetatie van Nederland. Deel 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en droge heiden. Opulus Press, Uppsala/Leiden

Schaminée, J.H.J., R.Haveman, P.W.F.M. Hommel, J.A.M. Jansen, I. de Ronde, P.C. Schipper, E.J. Weeda, K.W. van Dort en D. Bal, 2017: Revisie Vegetatie van Nederland. Uitgave Plantensociologische Kring Nederland

Scheffer en Schachtschabel, 1984: Schachtschabel, P., H.P. Blume, K.-H. Hartge & U. Schwertmann, 1984: Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Emke Verlag, Stuttgart

Smits, N.A.C., C.A. Mucher, W.A. Ozinga, R.W. de Waal & G.W.W. Wamelink, 2016. Procesindicatoren PAS; Rapportage 2016. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2771.

Smolders, A., E. Lucassen, M. Poelen & E. Brouwer, 2009. Bodem- en hydrochemisch onderzoek De Bruuk. B-ware, Nijmegen.

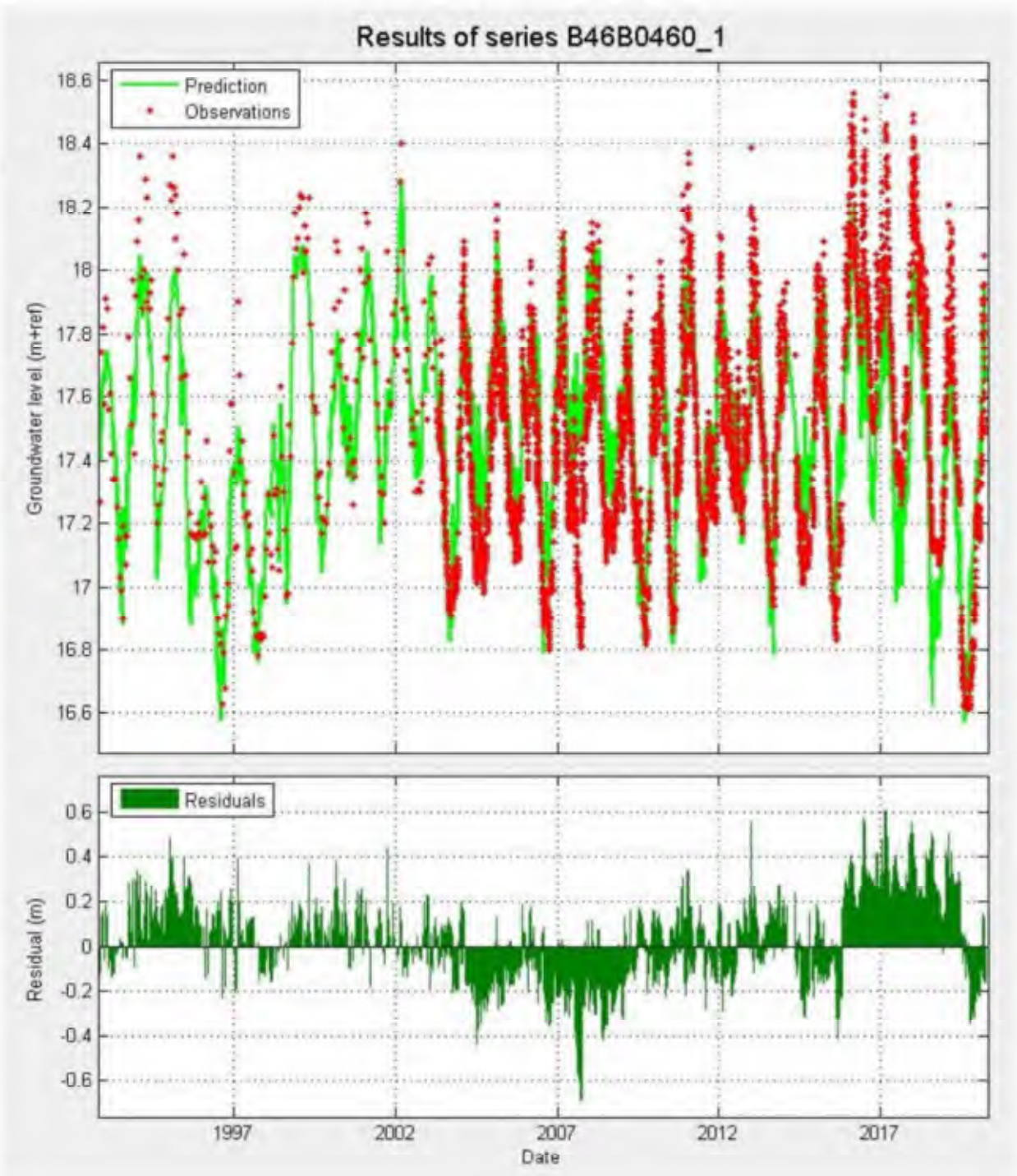
Stuyfzand, P.J. 2017. Hydrogeochemcal, for storage, management, control, correction and interpretation of water quality data in Excel spreadsheet. Manual: KWR report BTO.2012.244(s), update March 2017.

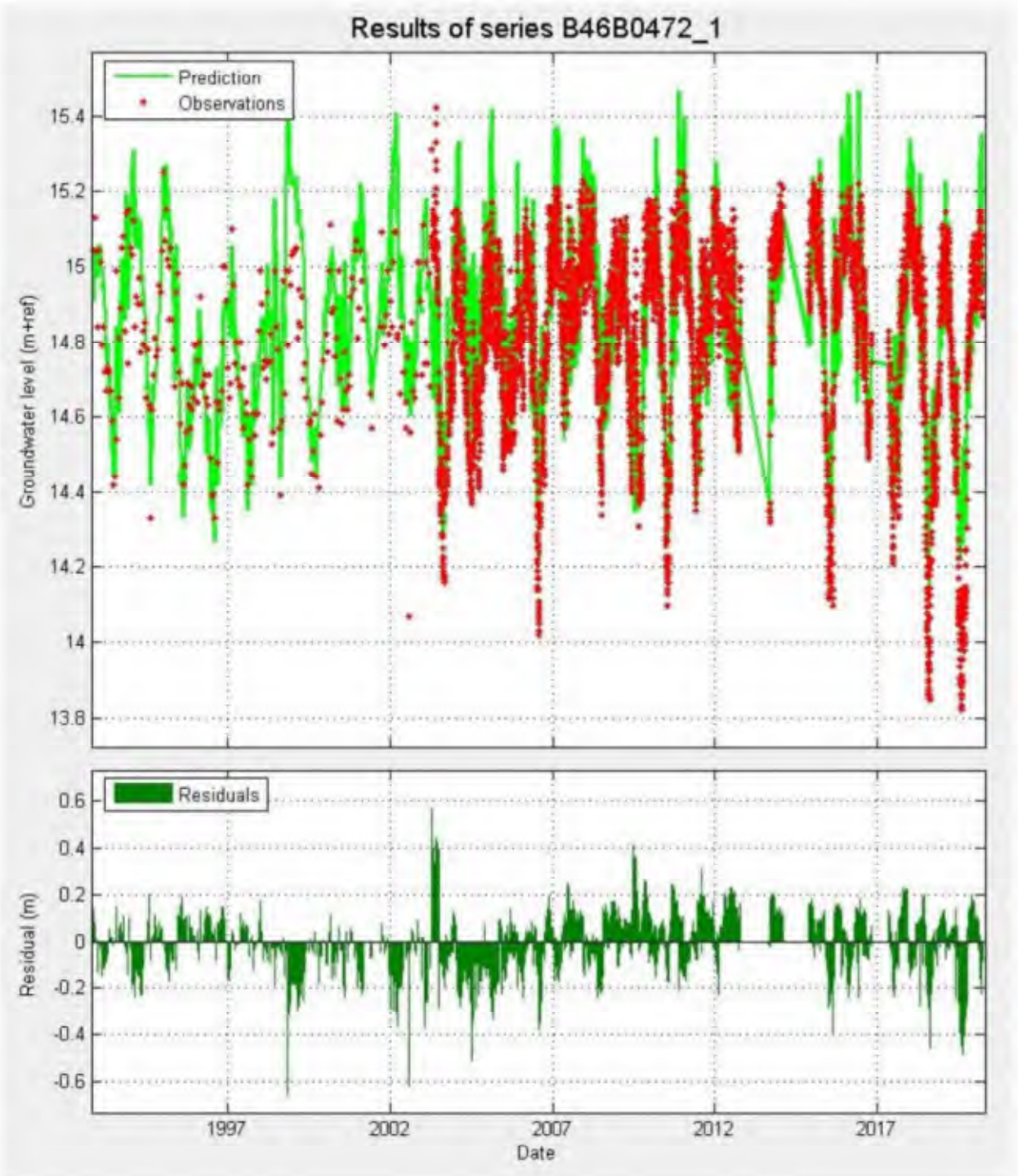
9 Bijlagen

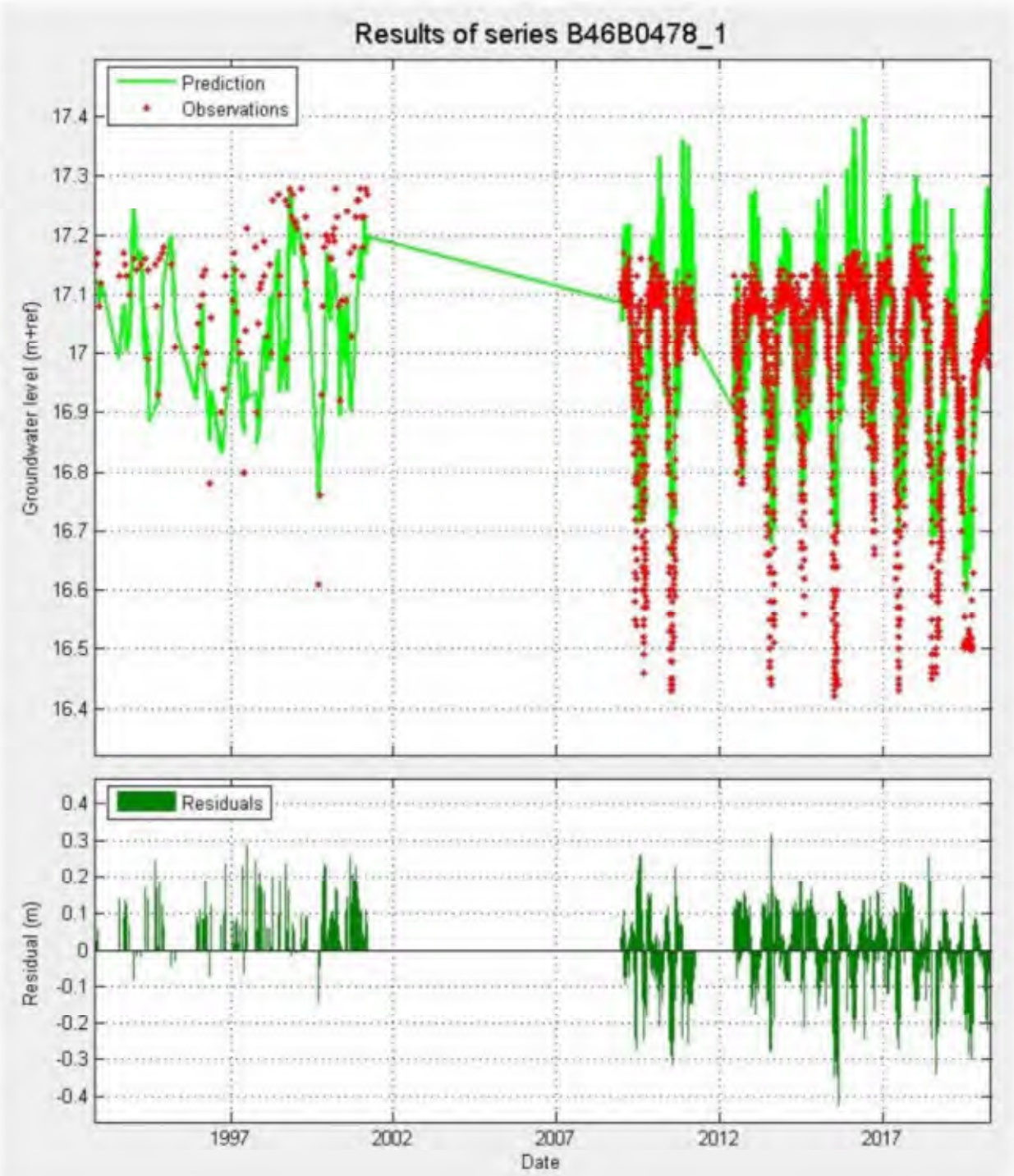
I Overzicht (herstel)maatregelen De Bruuk

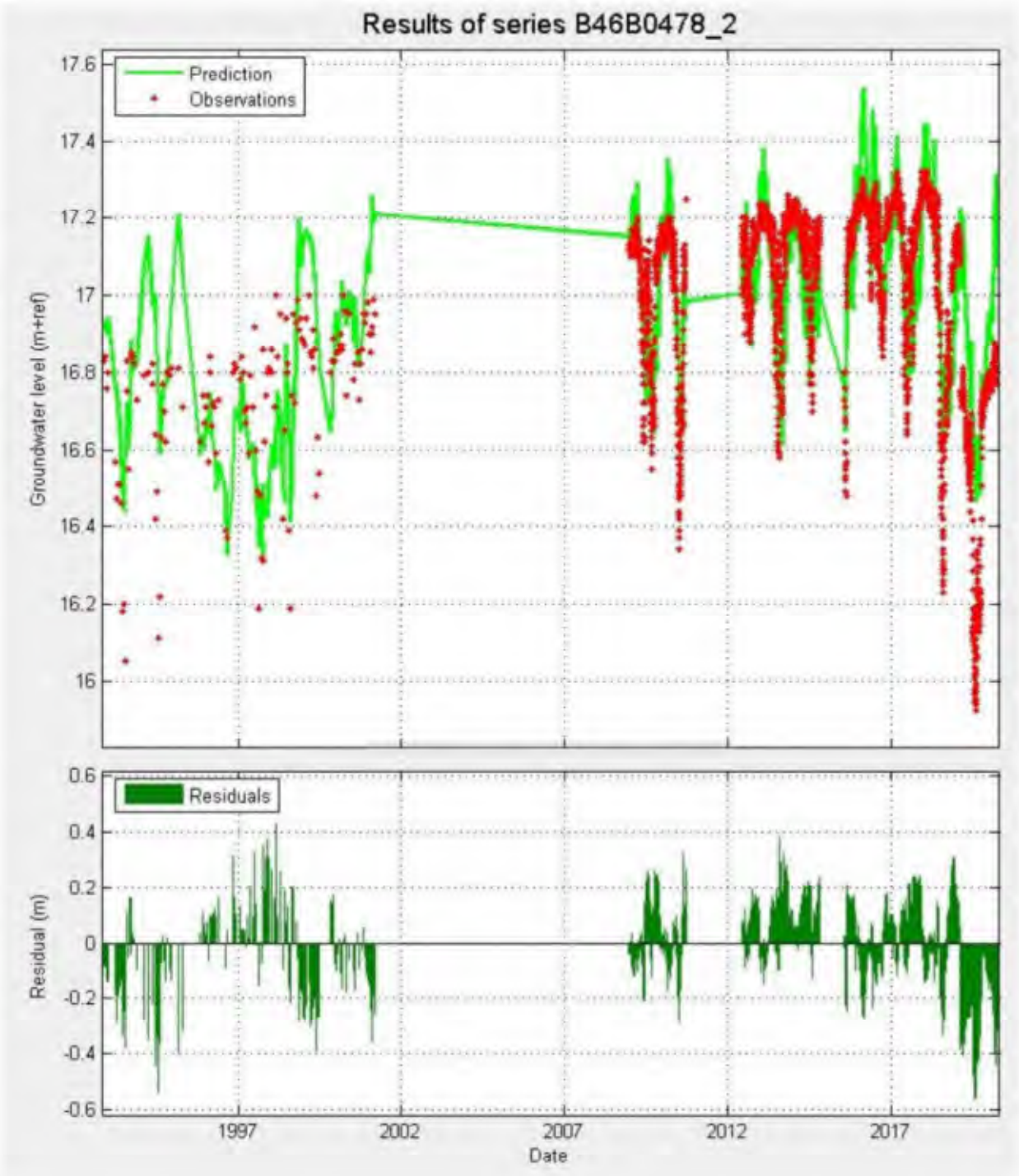
II Meetreeksen en tijdreeksmodellen peilbuizen

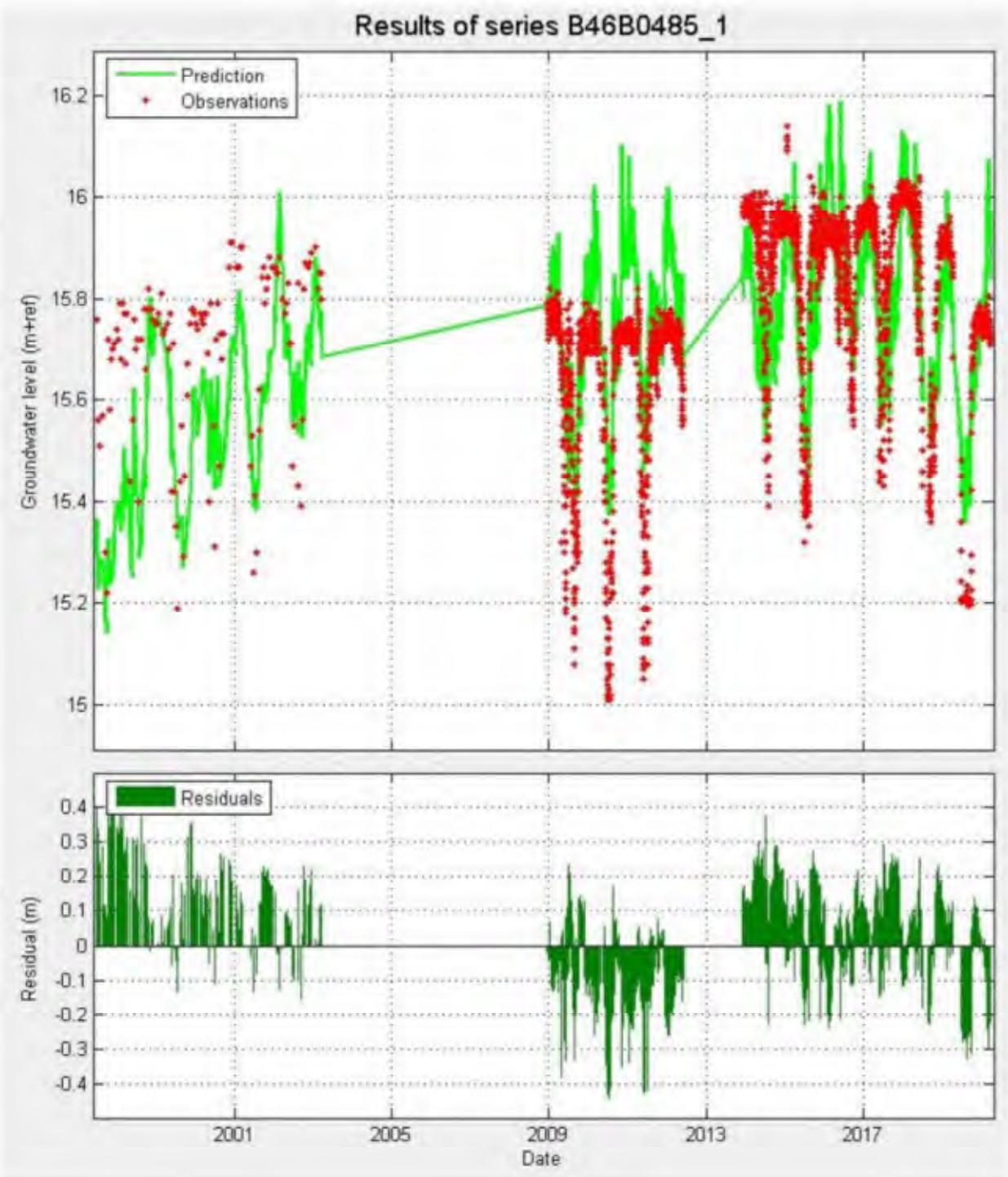
		Lineair			Niet-lineair		
		17 onbetrouwbaar			10 onbetrouwbaar		
	Naam	Beoordeling	EVP	Trend	Beoordeling	EVP	Trend
Grensweg ZO	B46B0460_1	betrouwbaar	73.13	eind 2015	nvt		
Noord-buiten =	B46B0472_1	betrouwbaar	78.06	geen	nvt		
B5-1	B46B0478_1	onbetrouwbaar	68.96	geen	betrouwbaar	82.05	geen
B5-2	B46B0478_2	onbetrouwbaar	65.19	geen	onbetrouwbaar	59.32	geen
485-1	B46B0485_1	onbetrouwbaar	57.48	geen	onbetrouwbaar	66.78	geen
485-2	B46B0485_2	onbetrouwbaar	57.52	geen	onbetrouwbaar	55.31	geen
713-a	B46B0489_1	onbetrouwbaar	74.13	geen	betrouwbaar	92.05	geen
B6-1	B46B0494_1	onbetrouwbaar	62.08	geen	betrouwbaar	70.16	geen
B6-2	B46B0494_2	betrouwbaar	75.83	geen	betrouwbaar	82.15	geen
693-1	B46B0693_1	onbetrouwbaar	81.55	geen	betrouwbaar	88.25	geen
693-2	B46B0693_2	betrouwbaar	82.05	geen	betrouwbaar	81.43	in 2019
B3-1	B46B0694_1	betrouwbaar	86.74	geen	betrouwbaar	82.04	geen
B3-2	B46B0694_2	onbetrouwbaar	54.2	begin 2018	onbetrouwbaar	65.12	begin 2018
695-1	B46B0695_1	betrouwbaar	71.12	geen	betrouwbaar	73.04	geen
695-2	B46B0695_2	onbetrouwbaar	59.2	geen	nvt		
B8-1	B46B0709_1	onbetrouwbaar	73.36	geen	betrouwbaar	76.73	geen
B8-2	B46B0709_2	onbetrouwbaar	55.34	geen	onbetrouwbaar	66.01	geen
B7-1	B46B0710_1	onbetrouwbaar	60.62	geen	onbetrouwbaar	69.21	geen
B7-2	B46B0710_2	onbetrouwbaar	68.07	geen	betrouwbaar	81.84	geen
B1-1	B46B0711_1	onbetrouwbaar	67.6	geen	betrouwbaar	82.41	geen
B1-2	B46B0711_2	betrouwbaar	82.25	geen	betrouwbaar	86.72	eind 2018
B2-1	B46B0712_1	onbetrouwbaar	68.41	geen	onbetrouwbaar	66.02	geen
B2-2	B46B0712_2	betrouwbaar	81.57	geen	betrouwbaar	82.55	geen
713-1	B46B0713_1	onbetrouwbaar	48.82	geen	onbetrouwbaar	69.49	geen
713-2	B46B0713_2	onbetrouwbaar	18.09	geen	onbetrouwbaar	66.71	geen
B9	B46B0748_1	betrouwbaar	90.38	geen	betrouwbaar	88.44	geen

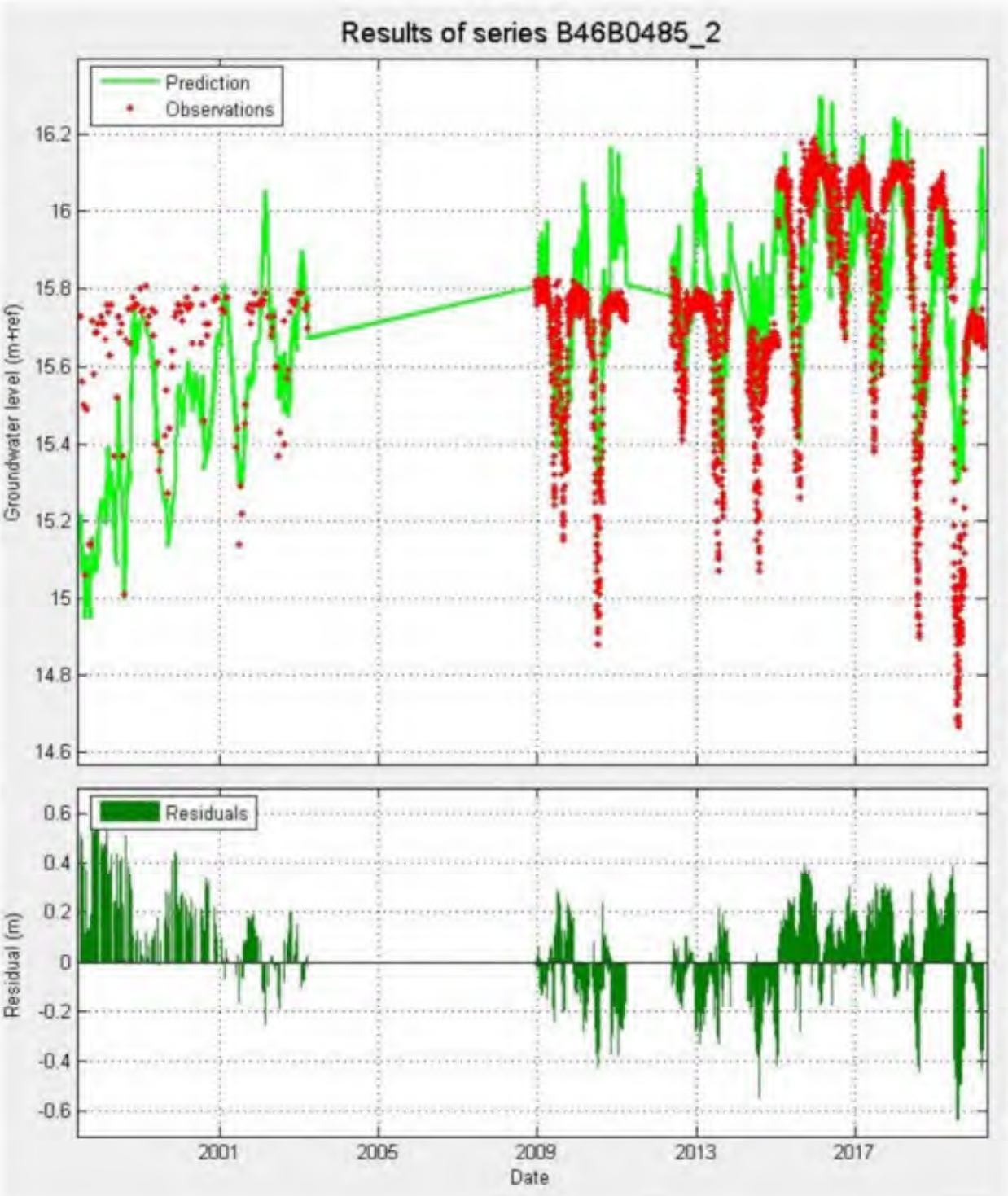

Results of series B46B0460_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
16.6
18.4
18.2
18
17.8
17.6
17.4
17.2
17
16.8
16.6
Residuals
Residual (m)
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
1997
2002
2007
2012
2017
Date

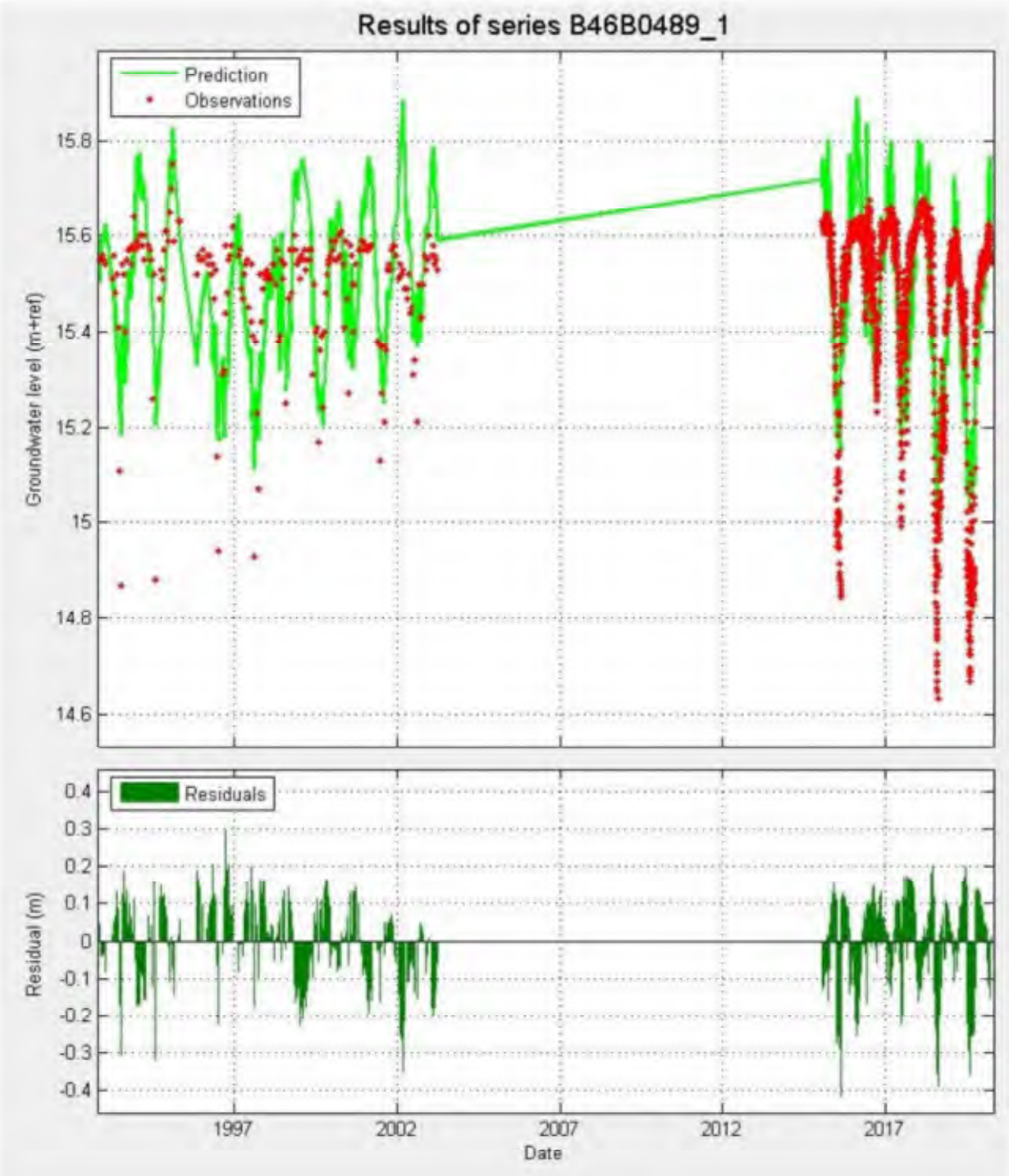

Results of series B46B0472_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
15.4
15.2
15
14.8
14.6
14.4
14.2
14
13.8
Residuals
Residual (m)
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
1997
2002
2007
2012
2017
Date

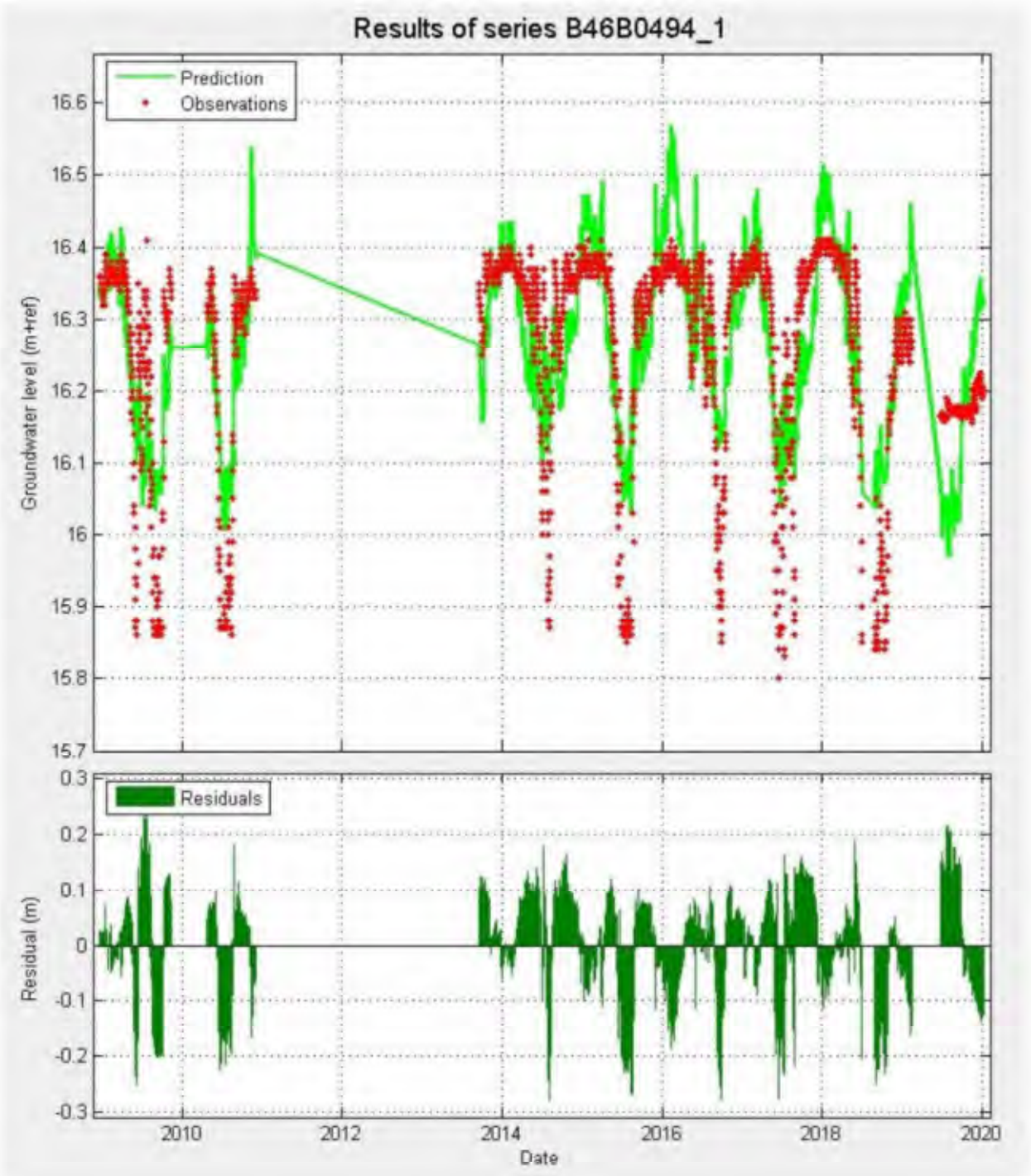

Results of series B46B0478_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
17.4
17.3
17.2
17.1
17
16.9
16.8
16.7
16.6
16.5
16.4
Residuals
Residual (m)
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
1997
2002
2007
2012
2017
Date

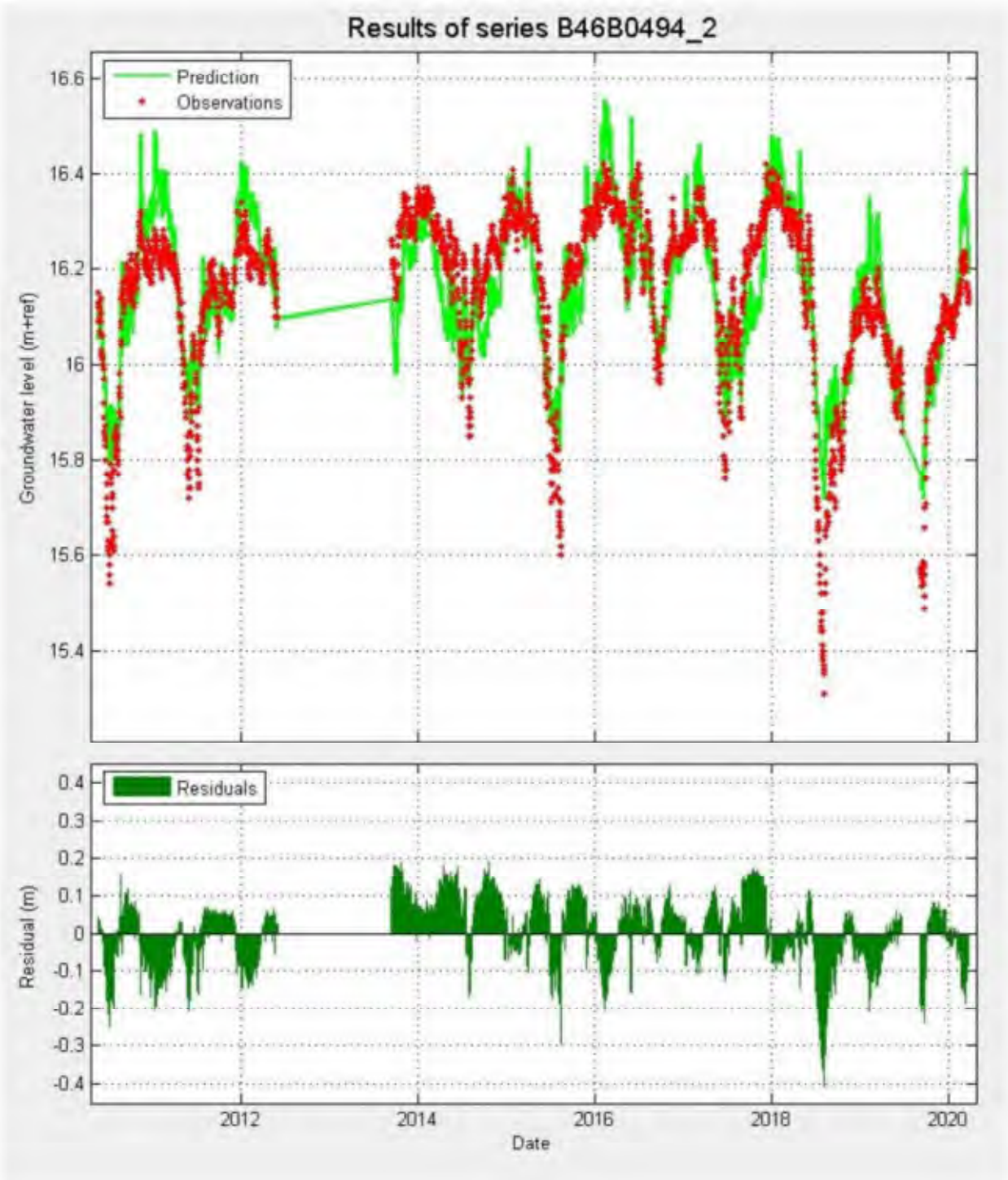

Results of series B46B0478_2
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
17.6
17.4
17.2
17
16.8
16.6
16.4
16.2
16
Residuals
Residual (m)
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
1997
2002
2007
2012
2017
Date

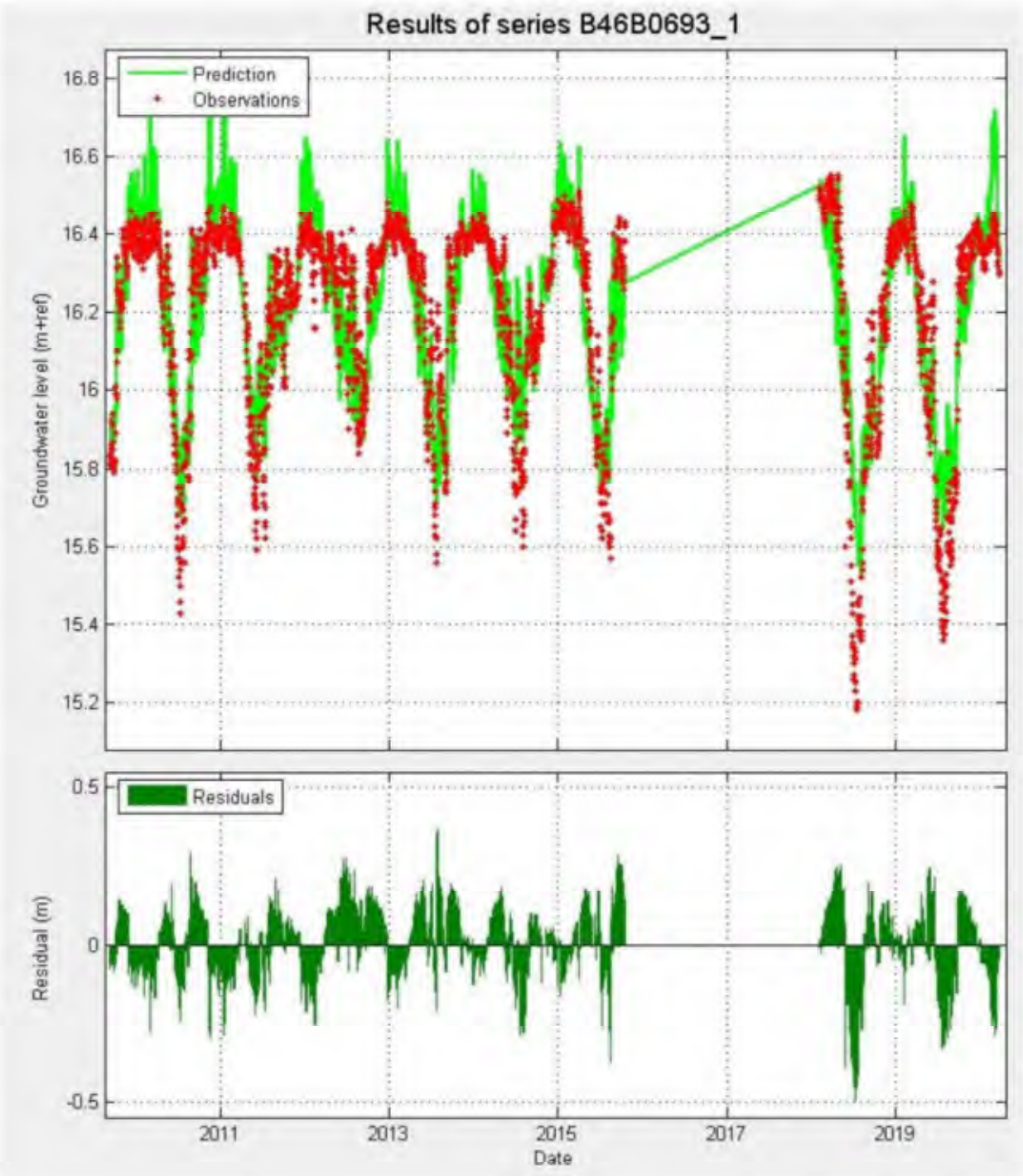

Results of series B46B0485_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
16.2
16
15.8
15.6
15.4
15.2
15
Residuals
Residual (m)
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
2001
2005
2009
2013
2017
Date

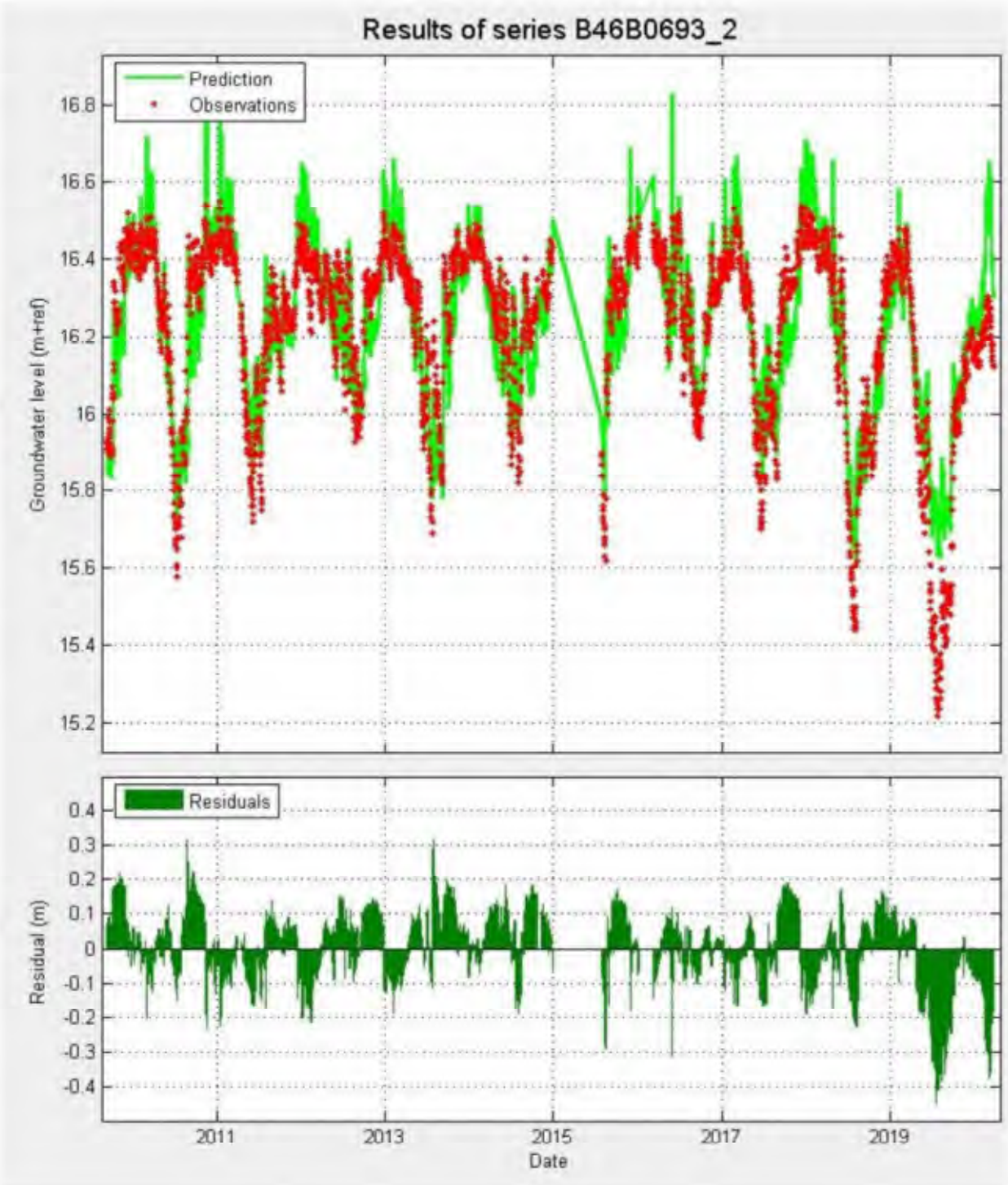

Results of series B46B0485_2
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
16.2
16
15.8
15.6
15.4
15.2
15
14.8
14.6
Residuals
Residual (m)
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
2001
2005
2009
2013
2017
Date

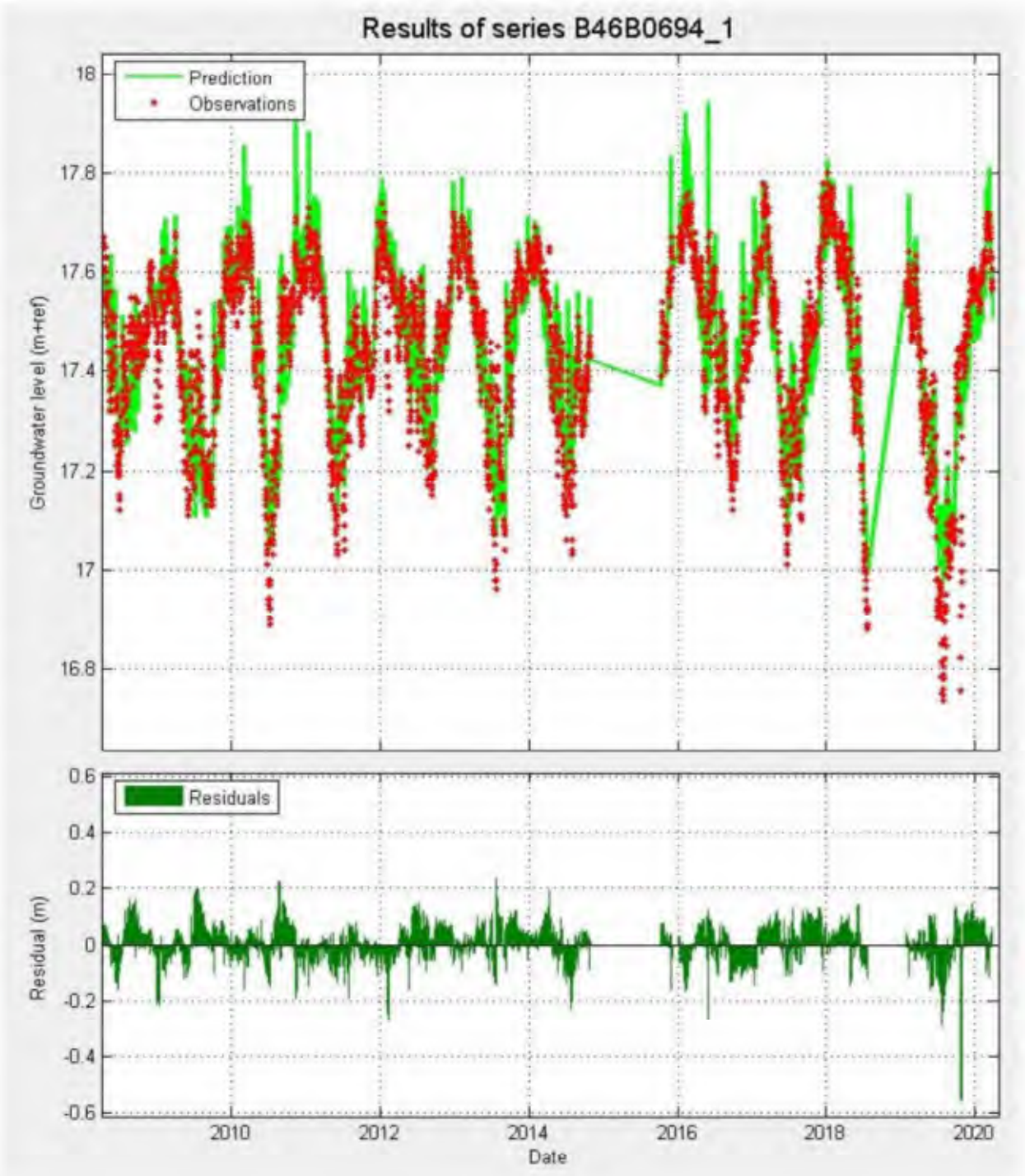

Results of series B46B0489_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
15.8
15.6
15.4
15.2
15
14.8
14.6
Residuals
Residual (m)
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
1997
2002
2007
2012
2017
Date

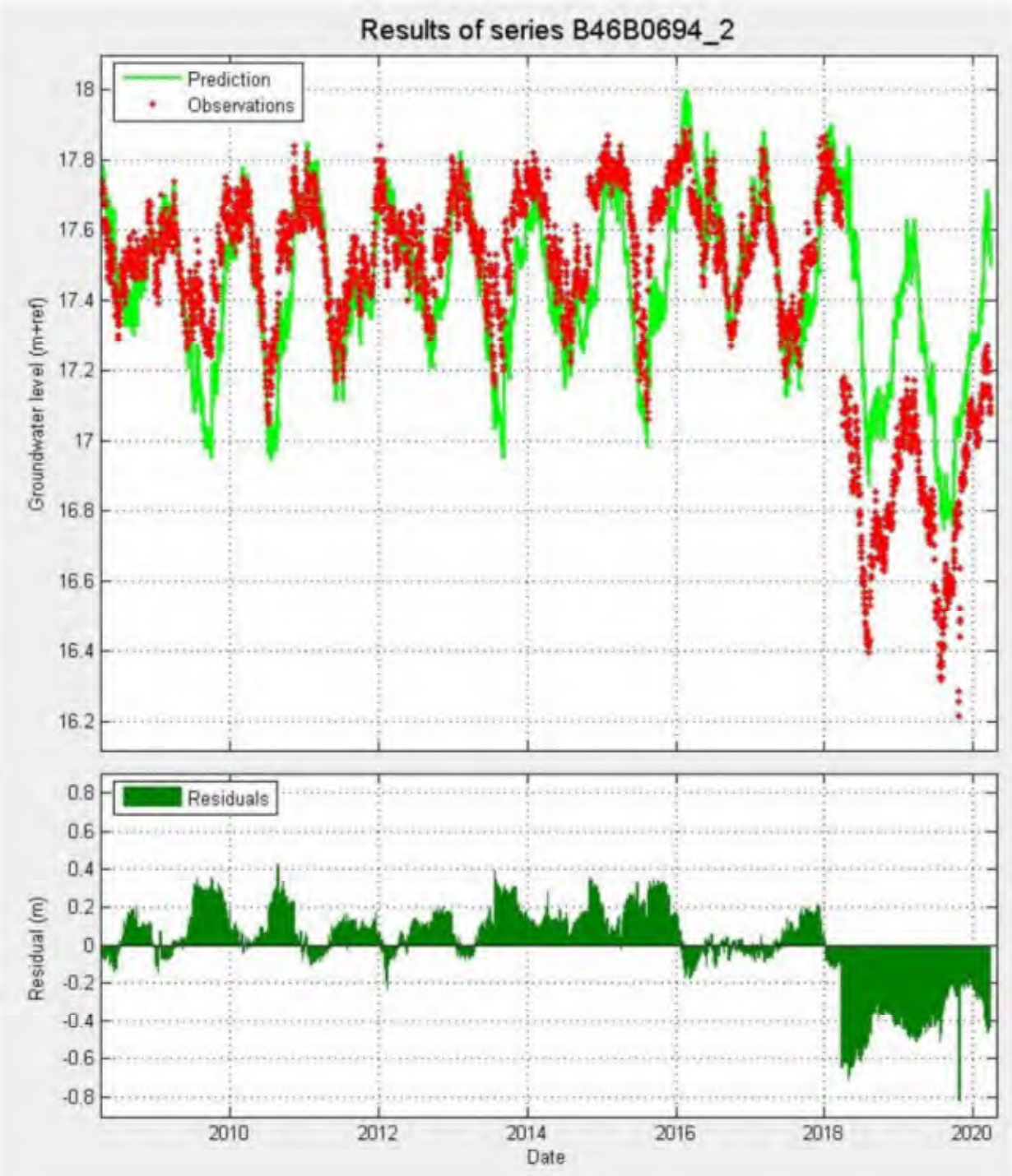

Results of series B46B0494_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
16.6
16.5
16.4
16.3
16.2
16.1
16
15.9
15.8
15.7
Residuals
Residual (m)
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
2010
2012
2014
2016
2018
2020
Date

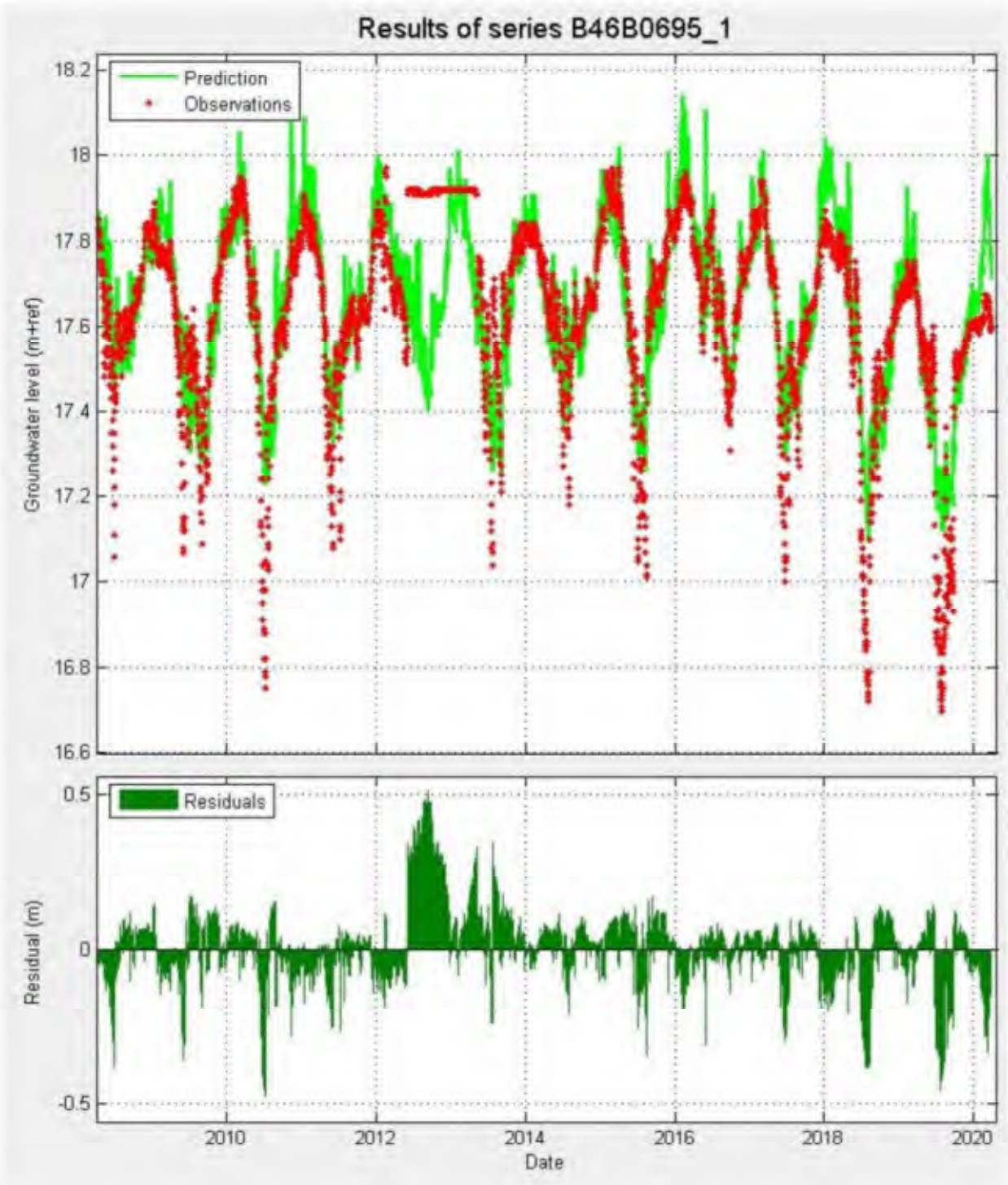

Results of series B46B0494_2
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
16.6
16.4
16.2
16
15.8
15.6
15.4
Residuals
Residual (m)
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
2012
2014
2016
2018
2020
Date

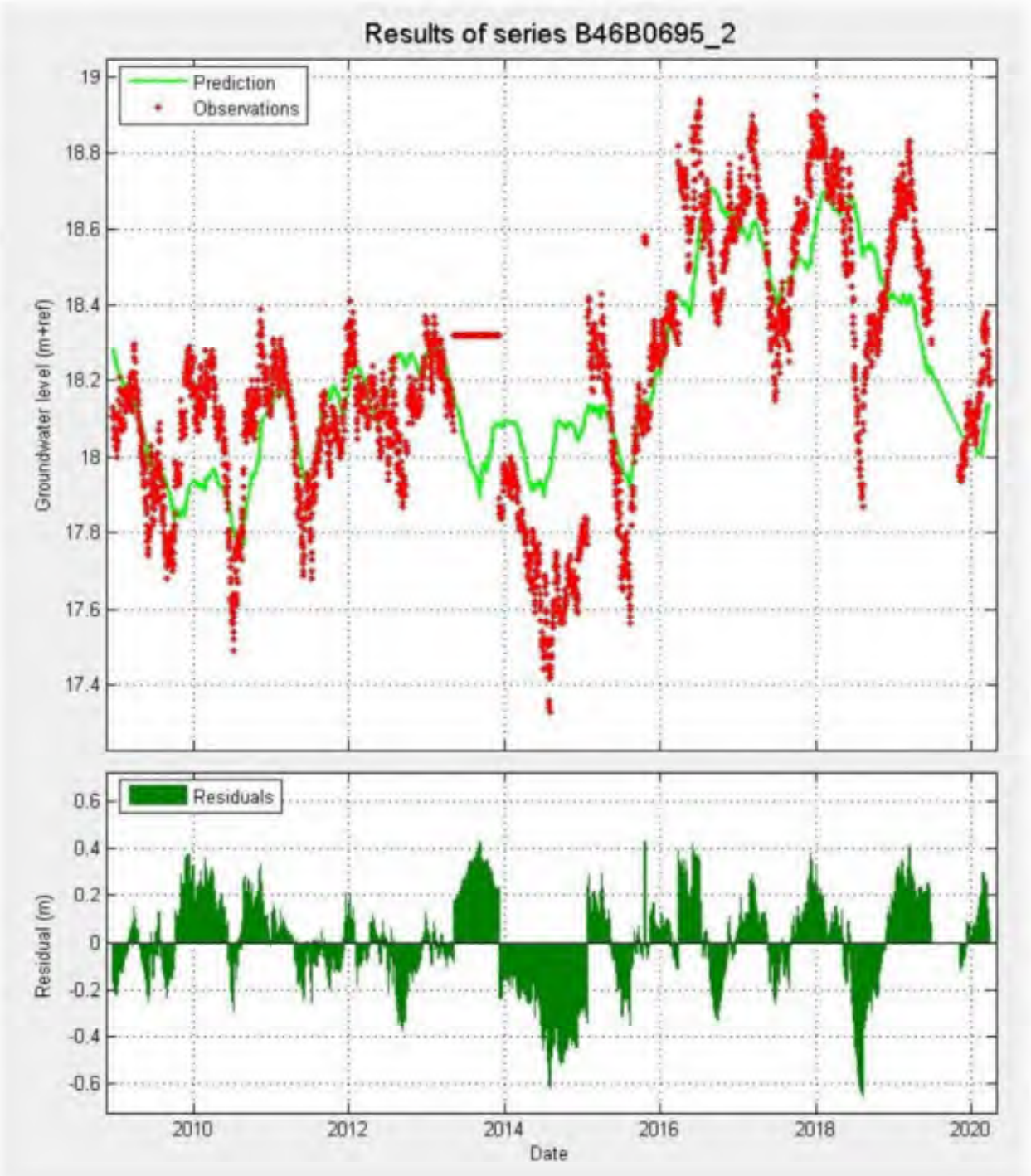

Results of series B46B0693_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
16.8
16.6
16.4
16.2
16
15.8
15.6
15.4
15.2
Residuals
Residual (m)
0.5
0
-0.5
2011
2013
2015
2017
2019
Date

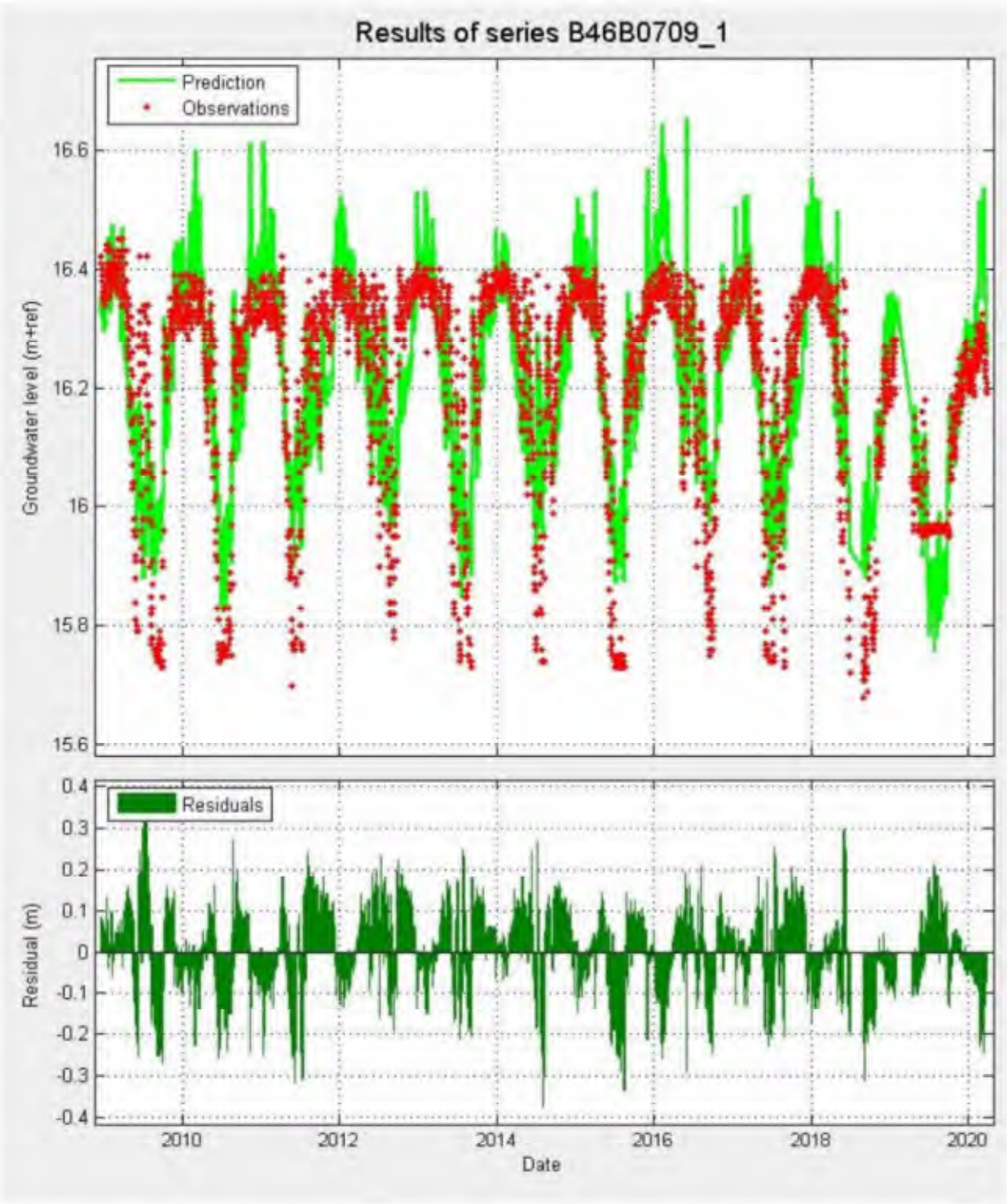

Results of series B46B0693_2
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
16.8
16.6
16.4
16.2
16
15.8
15.6
15.4
15.2
Residuals
Residual (m)
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
2011
2013
2015
2017
2019
Date

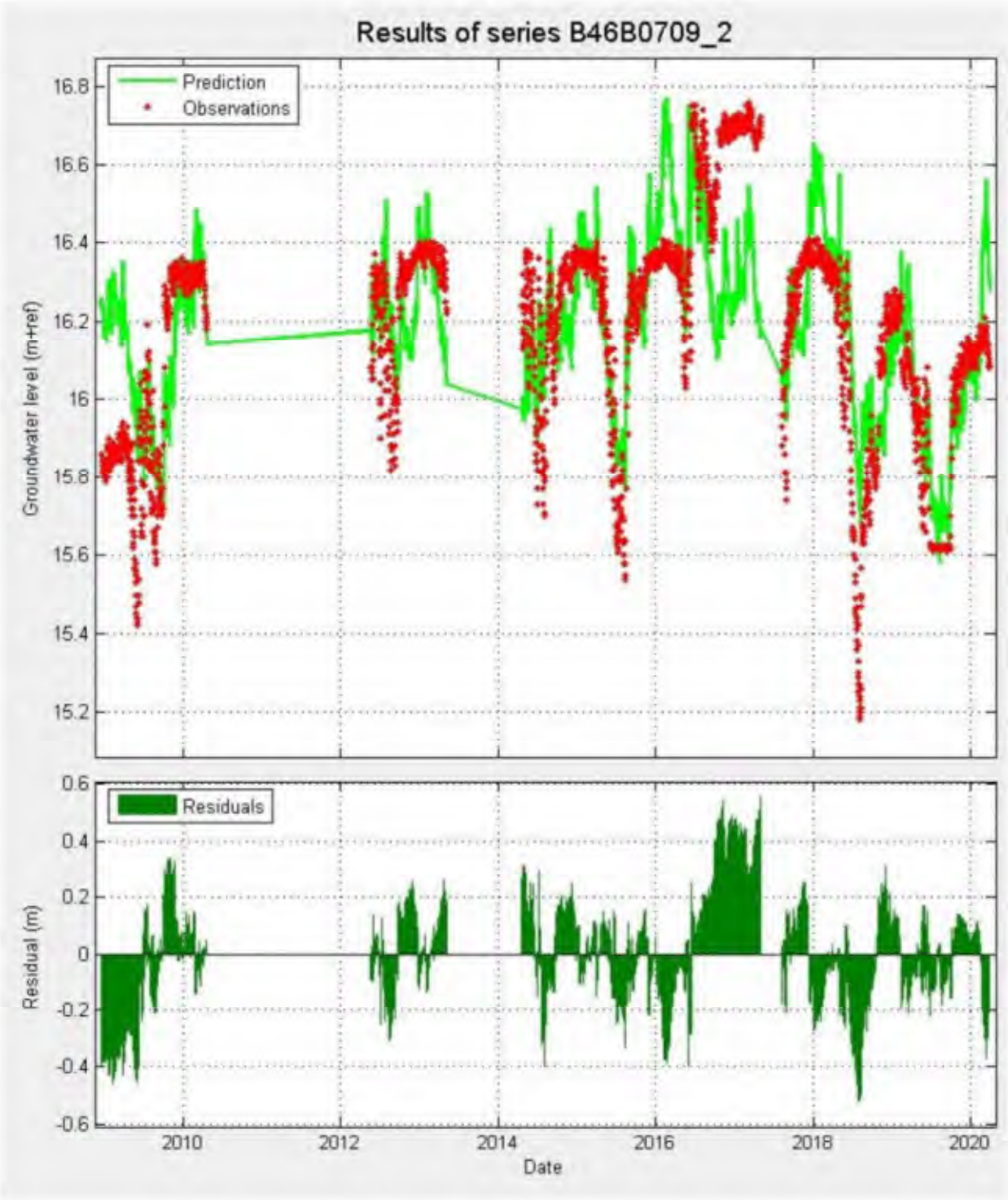

Results of series B46B0694_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
18
17.8
17.6
17.4
17.2
17
16.8
Residuals
Residual (m)
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
2010
2012
2014
2016
2018
2020
Date

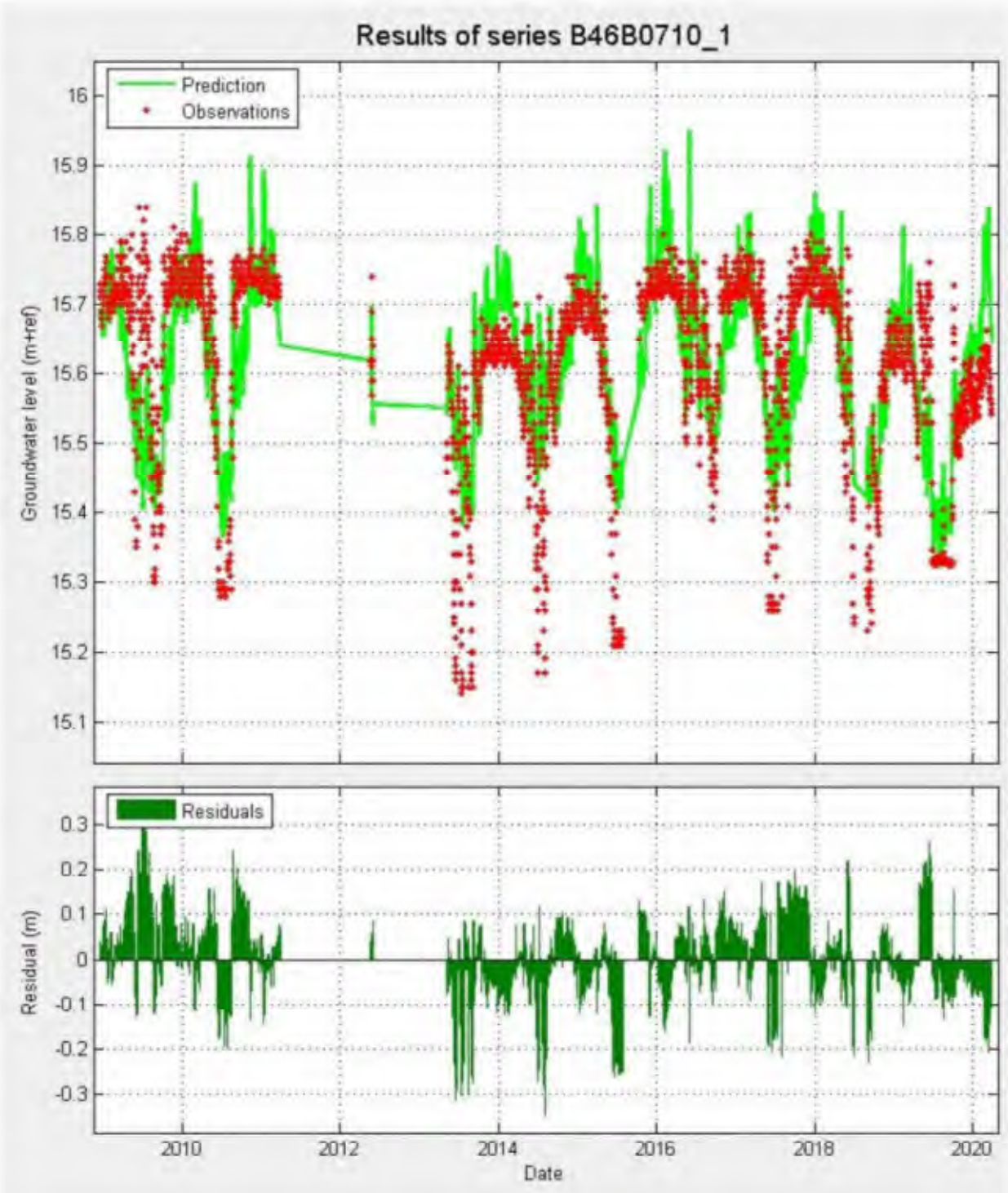

Results of series B46B0694_2
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
18
17.8
17.6
17.4
17.2
17
16.8
16.6
16.4
16.2
Residuals
Residual (m)
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
2010
2012
2014
2016
2018
2020
Date

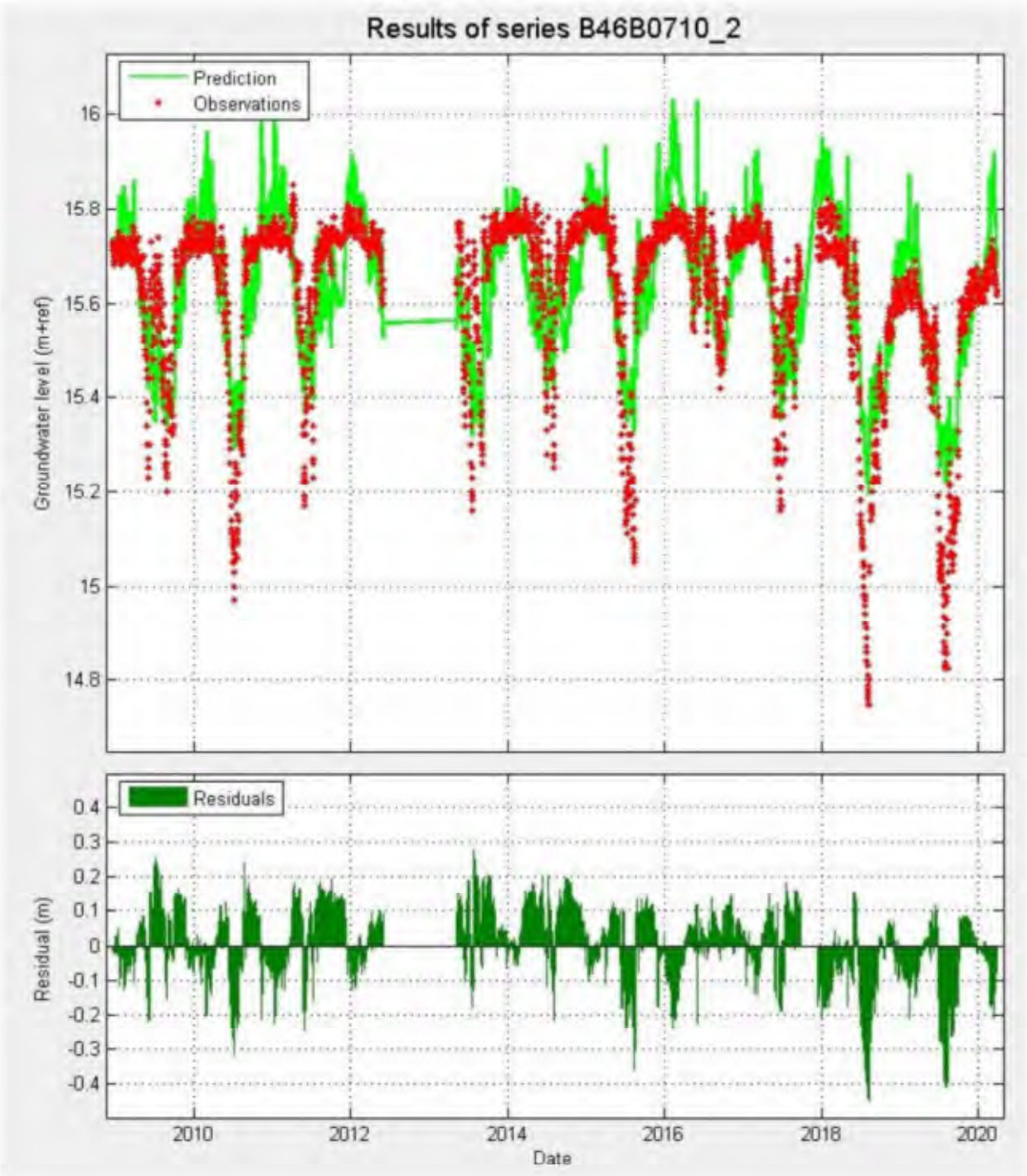

Results of series B46B0695_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
18.2
18
17.8
17.6
17.4
17.2
17
16.8
16.6
Residuals
Residual (m)
0.5
0
-0.5
2010
2012
2014
2016
2018
2020
Date

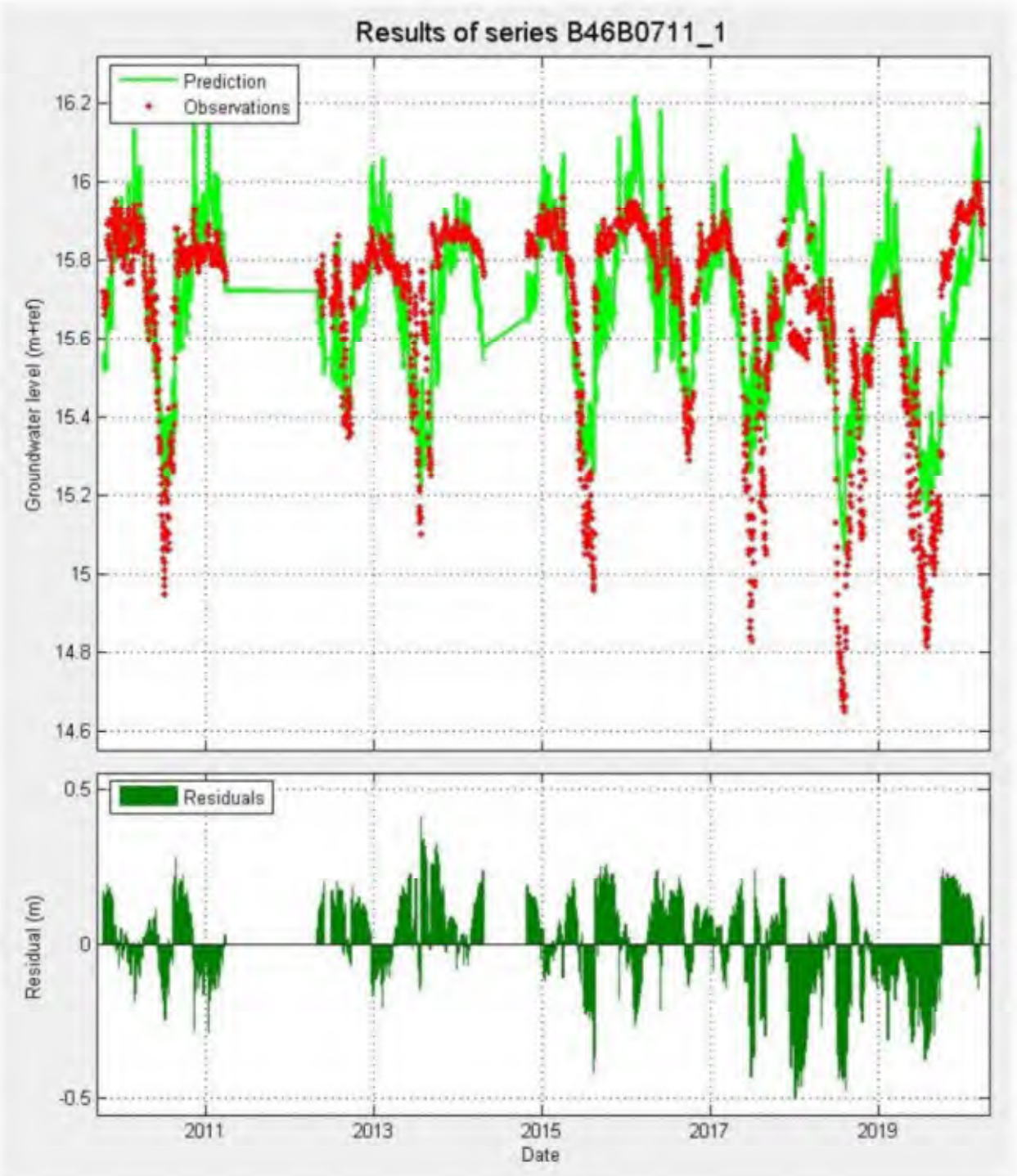

Results of series B46B0695_2
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
19
18.8
18.6
18.4
18.2
18
17.8
17.6
17.4
Residuals
Residual (m)
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
2010
2012
2014
2016
2018
2020
Date

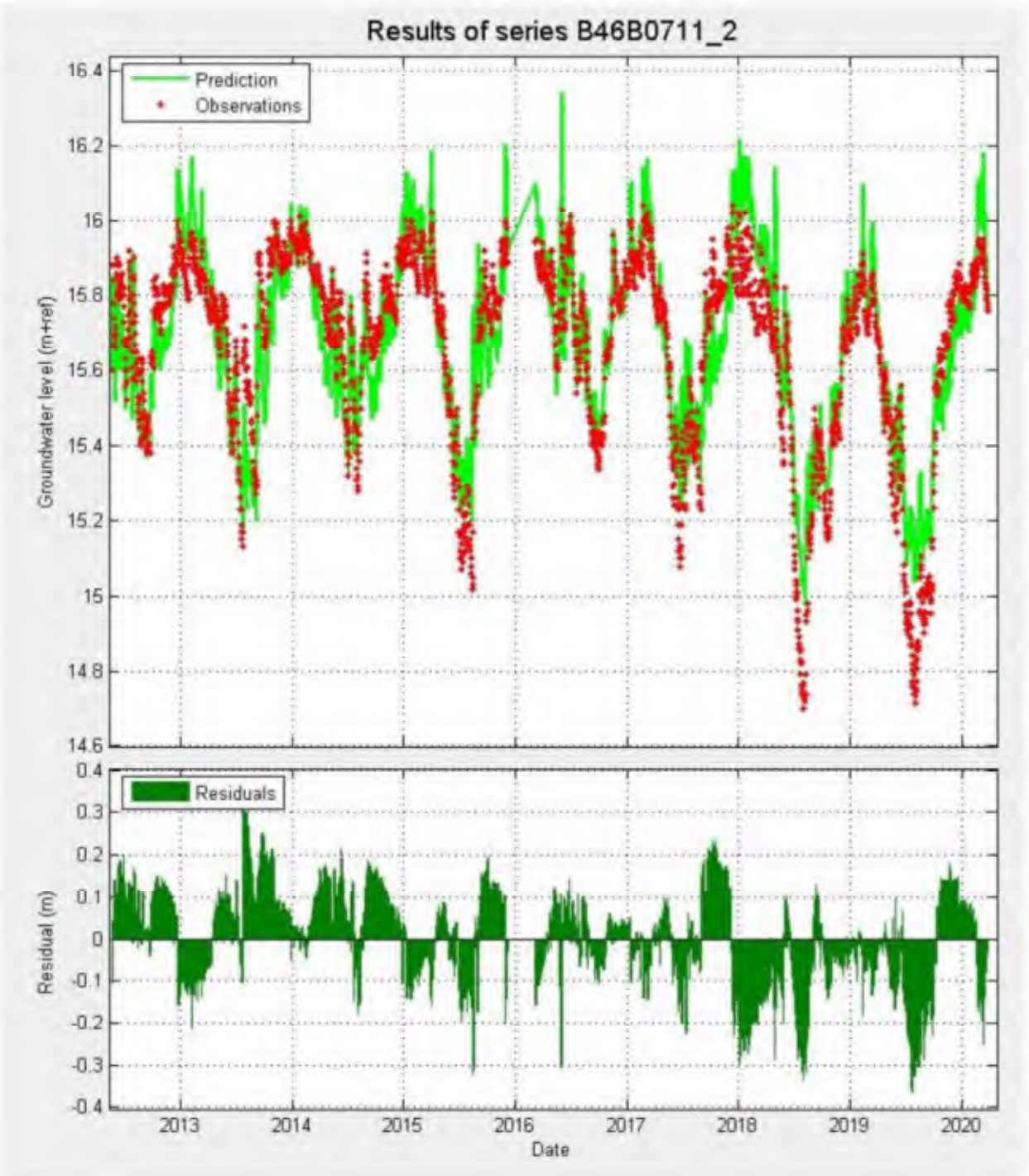

Results of series B46B0709_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
16.6
16.4
16.2
16
15.8
15.6
Residuals
Residual (m)
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
2010
2012
2014
2016
2018
2020
Date

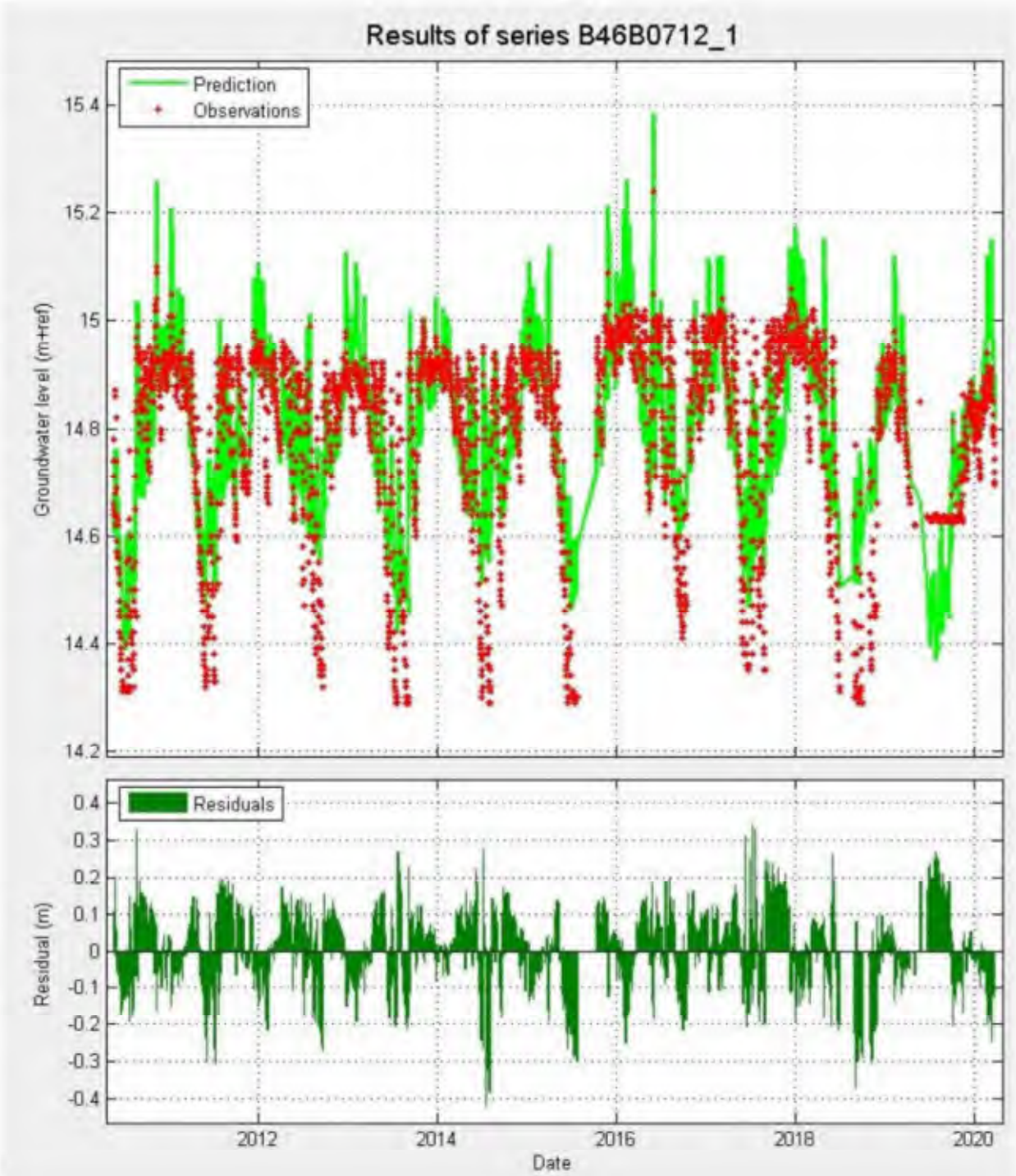

Results of series B46B0709_2
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
16.8
16.6
16.4
16.2
16
15.8
15.6
15.4
15.2
Residuals
Residual (m)
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
2010
2012
2014
2016
2018
2020
Date

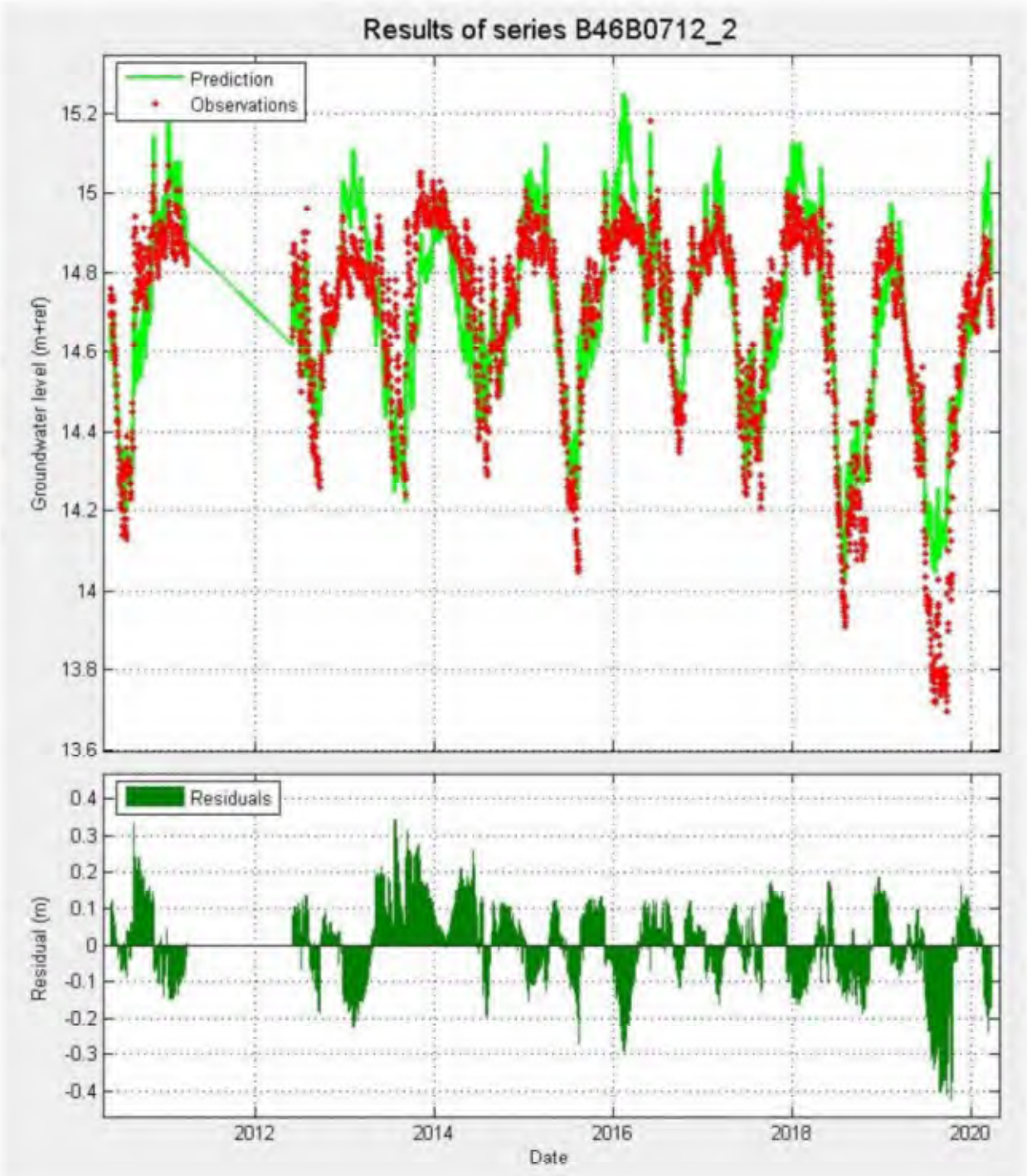

Results of series B46B0710_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
16
15.9
15.8
15.7
15.6
15.5
15.4
15.3
15.2
15.1
Residuals
Residual (m)
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
2010
2012
2014
2016
2018
2020
Date

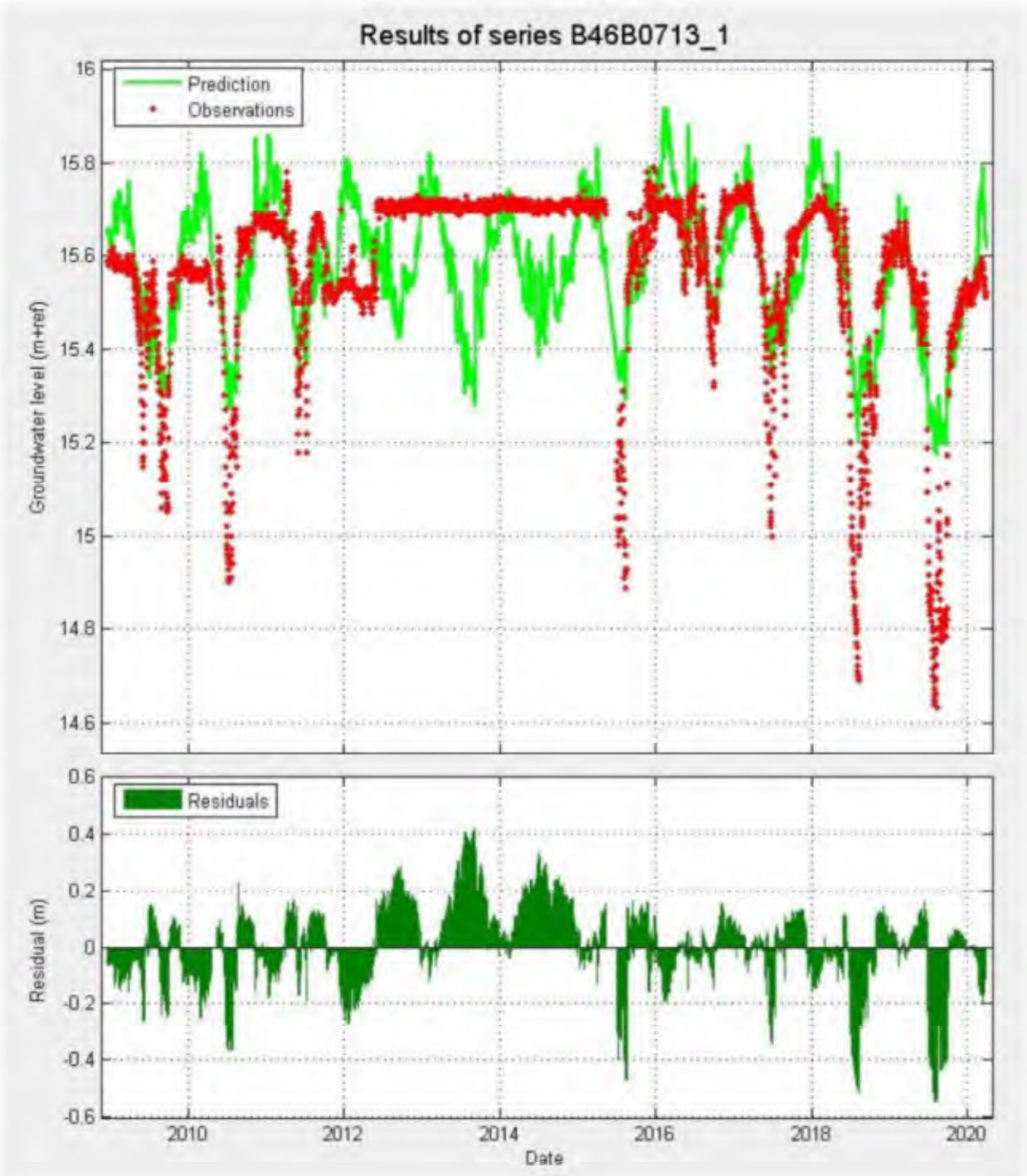

Results of series B46B0710_2
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
16
15.8
15.6
15.4
15.2
15
14.8
Residuals
Residual (m)
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
2010
2012
2014
2016
2018
2020
Date

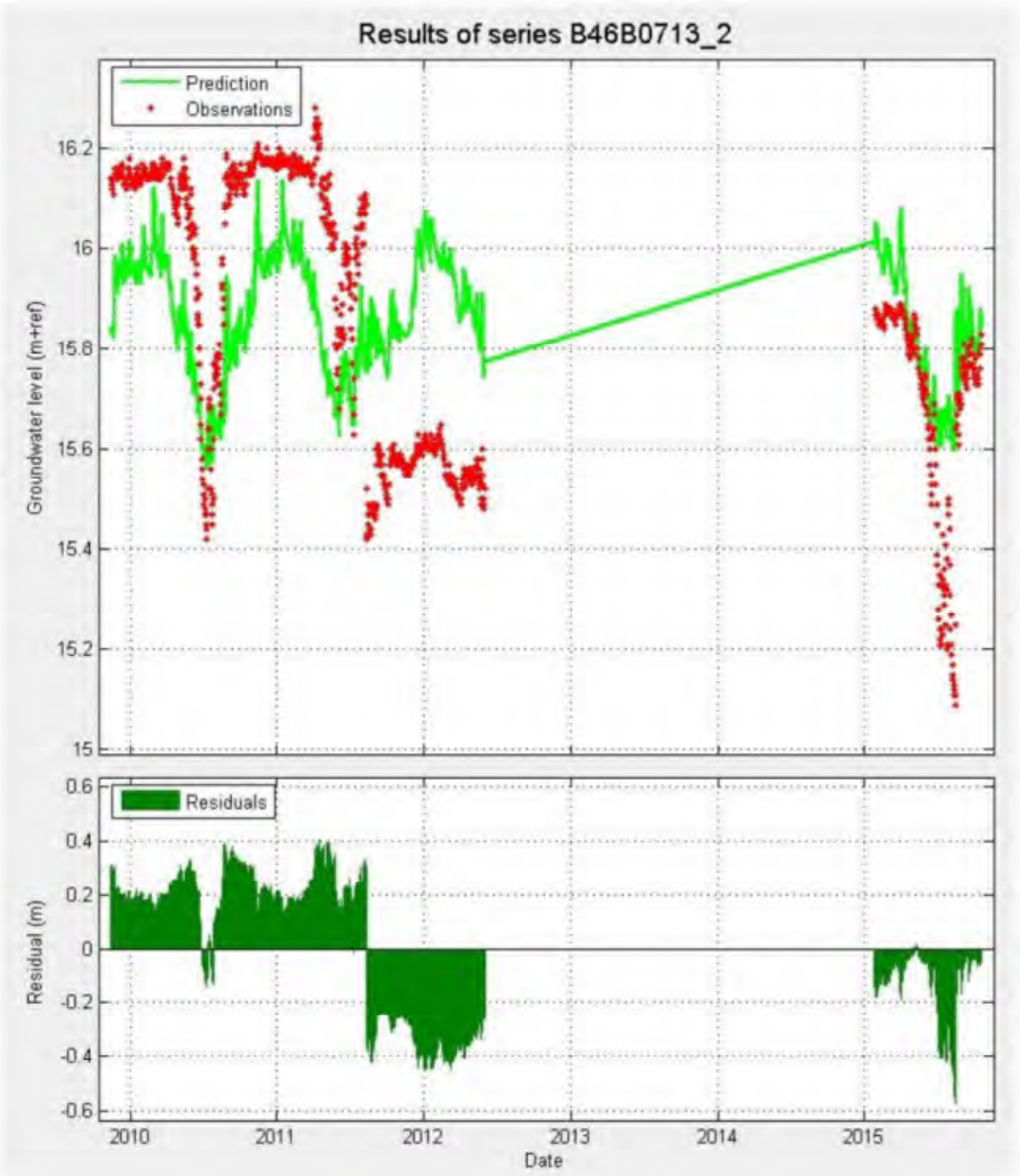

Results of series B46B0711_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
16.2
16
15.8
15.6
15.4
15.2
15
14.8
14.6
Residuals
Residual (m)
0.5
0
-0.5
2011
2013
2015
2017
2019
Date

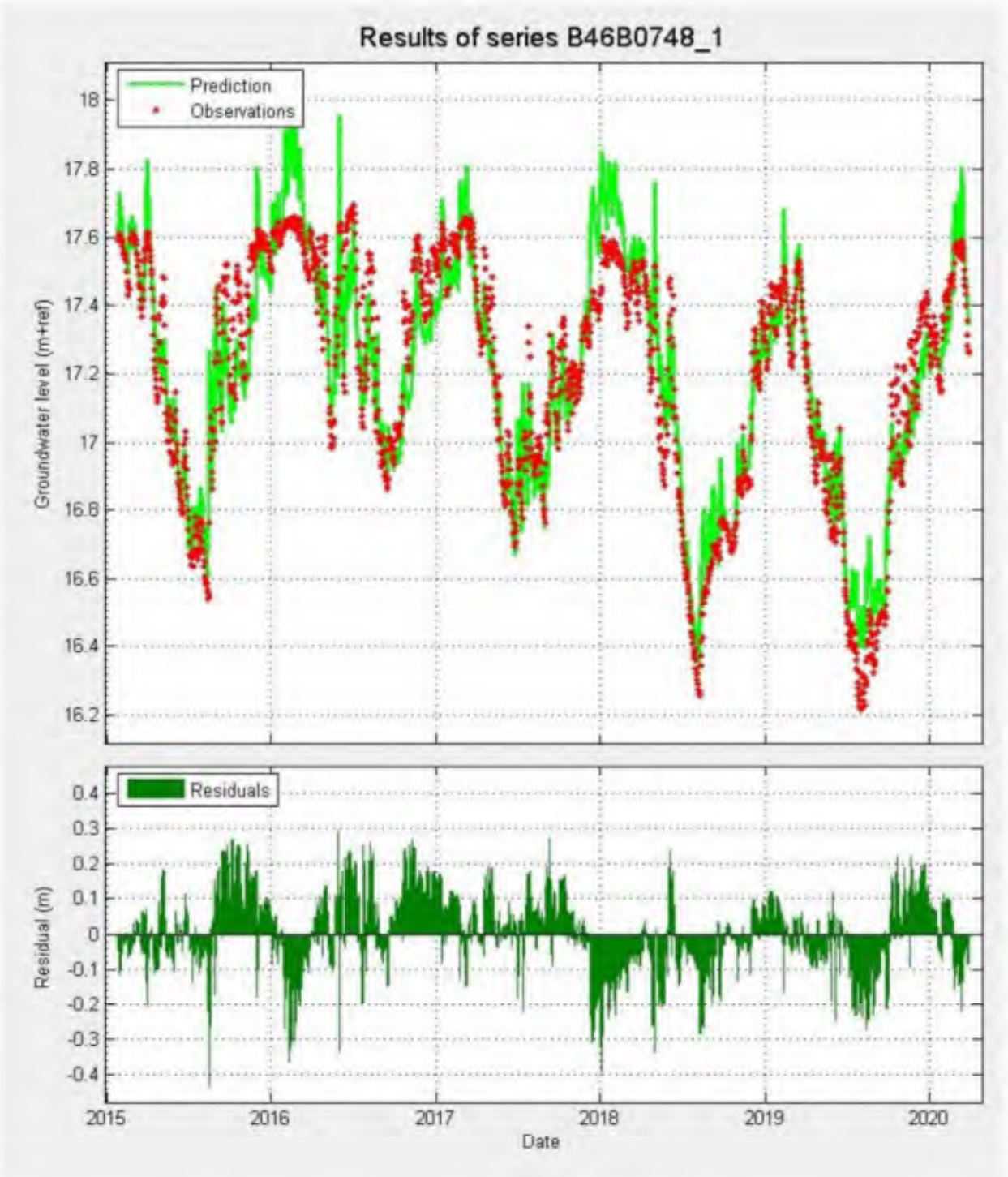

Results of series B46B0711_2
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
16.4
16.2
16
15.8
15.6
15.4
15.2
15
14.8
14.6
Residuals
Residual (m)
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
Date


Results of series B46B0712_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
15.4
15.2
15
14.8
14.6
14.4
14.2
Residuals
Residual (m)
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
2012
2014
2016
2018
2020
Date


Results of series B46B0712_2
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
15.2
15
14.8
14.6
14.4
14.2
14
13.8
13.6
Residuals
Residual (m)
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
2012
2014
2016
2018
2020
Date


Results of series B46B0713_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
16
15.8
15.6
15.4
15.2
15
14.8
14.6
Residuals
Residual (m)
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
2010
2012
2014
2016
2018
2020
Date


Results of series B46B0713_2
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
16.2
16
15.8
15.6
15.4
15.2
15
Residuals
Residual (m)
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
2010
2011
2012
2013
2014
2015
Date


Results of series B46B0748_1
Prediction
Observations
Groundwater level (m+ref)
18
17.8
17.6
17.4
17.2
17
16.8
16.6
16.4
16.2
Residuals
Residual (m)
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
2015
2016
2017
2018
2019
2020
Date

III Waterkwaliteit grondwaterbuizen 2019/20 en detailanalyse per locatie

Bewerking analyseresultaten

In onderstaande tabel zijn de belangrijkste analyseresultaten en met HCG (Stuijfzand, 2017) afgeleide parameters van de bemonstering peilbuizen in 2019 en 2020 opgenomen. Op basis van in GIS aangeleverde habitatkaart en locaties meetpunten is in de tabel aangegeven welk habitattype het betreft.

De bemonstering van de peilbuizen heeft plaatsgevonden op 19/2/19; 9/11/19 en 24/2/20. Aangezien de laatste hydrologische herstelmaatregelen al meer dan 5 jaar geleden zijn uitgevoerd, zijn tussen deze metingen geen effecten daarvan te verwachten. Mogelijk treden wel seizoensfluctuaties op en verschillen tussen droge en natte jaren. De belangrijkste iongehalten en indices zijn weergegeven in bovenstaande (voor de oorspronkelijke analyseresultaten wordt verwezen naar de rapportage door B-ware). Achtereenvolgens zijn dit het watertype (Stuijfzand, 1989), het EGV, de pH, Totale Hardheid (Ca+Mg), bicarbonaat (HCO3), kalkverzadigingsindex (SIkalk), sulfaat (SO4), Chloride (Cl), Nitraat (NO3), Ammonium (NH4), ortho-fosfaat (o-PO4), Kalium (K), Natrium (Na), het aandeel van Magnesium in de totale hardheid (Mg/TH), de ratio van bicarbonaat en de totale hardheid (HCO3/TH), opgelost ijzer (Fe), de ratio van ijzer en zwavel (Fe/S), de redox-code en tot slot de balanstermen ionenbalans (IB), absoluut verschil tussen kationen enen anionen (k-a) en het verschil tussen gemeten EGV en op basis van iongehalten berekende EGV (dEC).

							molgewicht				61.0		96.1	35.5	62.0	18.0	95.0	39.1	23.0			55.8					
Locaal	NITG	Maaiveld	Diepte	Diepte	Habitat	Datum	Watertyp	EC-20	pH-Lal	TH	HCO3	SIkalk	SO4	Cl	NO3	NH4	oPO4	K	Na	Mg/TH	HCO3/TI	Fe	Fe/S	Redox	IB	Σc-Σa	ΔEC-r
		m NAP	fb:mNAI	fb:m-mv				uS/cm	-	mmol,	mmol,	-	mmol,	mmol,	mmol/L	mmol/L	µmol/l	mmol/	mmol/	%	-	mmol/L	-	1-7	%	meq/L	%
B9	4680748-1	17.577	16.147	1.430	H0000	feb-19	g2CaHCO3	467	6.7	2.0	3.8	-0.8	0.4	0.2	0.000	0.003	0.14	0.02	0.78	20	1.9	0.001	0.00		0	0.00	15
B9	4680748-1	17.577	16.147	1.430	H0000	sep-19	G2CaHCO3	511	6.7	2.6	3.7	-0.7	0.3	0.1	0.000	0.003	0.37	0.05	0.93	19	1.4	0.000	0.00	4	16	1.68	20
B9	4680748-1	17.577	16.147	1.430	H0000	feb-20	G2CaHCO3	430	6.6	2.0	3.7	-0.8	0.4	0.1	0.000	0.010	0.11	0.01	0.57	18	1.9	0.005	0.01	5	1	0.06	15
B8-1	4680709-1	16.370	15.610	0.760	H6410	feb-19	F1CaMix	440	6.2	1.5	1.2	-1.9	0.7	1.4	0.001	0.003	0.09	0.01	0.95	20	0.8	0.056	0.08	5	0	0.03	13
B8-1	4680709-1	16.370	15.610	0.760	H6410	feb-20	g1CaHCO3	242	6.2	0.8	1.2	-2.1	0.3	0.4	0.016	0.011	0.10	0.00	0.46	19	1.6	0.131	0.47	5	3	0.15	15
B8-2	4680709-2	16.370	15.040	1.330	H6410	feb-19	F1CaMix	462	5.9	1.3	0.9	-2.4	0.8	1.6	0.002	0.015	0.44	0.02	1.39	19	0.7	0.003	0.00	5	0	0.03	15
B8-2	4680709-2	16.370	15.040	1.330	H6410	feb-20	F1CaMix	475	6.2	1.6	1.7	-1.7	0.7	1.3	0.003	0.017	0.15	0.00	0.95	17	1.1	0.315	0.47	5	6	0.57	13
B6-2	4680494-2	16.480	15.510	0.970	H6410/00	feb-19	F1CaMix	532	6.6	1.8	1.4	-1.4	1.1	1.4	0.001	0.028	0.33	0.03	1.23	18	0.7	0.001	0.00		-1	-0.07	12
B6-2	4680494-2	16.480	15.510	0.970	H6410/00	sep-19	g1CaSO4	517	6.6	2.1	1.4	-1.4	1.3	0.6	0.000	0.027	0.47	0.02	0.95	16	0.7	0.001	0.00		7	0.65	16
B6-2	4680494-2	16.480	15.510	0.970	H6410/00	feb-20	F1CaMix	525	6.7	1.9	1.6	-1.2	1.2	1.1	0.000	0.035	0.22	0.02	0.98	16	0.8	0.001	0.00		-3	-0.27	11
B5-1	4680478-1	17.170	16.730	0.440	H6410	feb-19	F2CaMix	686	6.3	2.5	2.3	-1.3	1.5	1.5	0.001	0.015	0.14	0.03	1.63	18	0.9	0.010	0.01	5	-1	-0.14	11
B5-1	4680478-1	17.170	16.730	0.440	H6410	sep-19	F1CaMix	426	6.2	1.6	1.5	-1.8	1.1	0.9	0.002	0.015	0.54	0.02	1.29	20	0.9	0.002	0.00	5	1	0.07	1
B5-1	4680478-1	17.170	16.730	0.440	H6410	feb-20	g2CaHCO3	397	6.4	1.5	2.3	-1.4	0.5	0.7	0.001	0.021	0.07	0.02	0.88	16	1.5	0.089	0.19	5	3	0.21	13
B5-2	4680478-2	17.170	14.940	2.230	H6410	feb-19	F2CaHCO3	633	7.0	2.1	3.8	-0.5	0.6	1.7	0.001	0.260	0.25	0.08	1.50	18	1.8	0.001	0.00		-4	-0.55	11
B5-2	4680478-2	17.170	14.940	2.230	H6410	sep-19	F1CaMix	441	6.2	1.7	1.4	-1.8	1.1	1.0	0.000	0.028	0.49	0.02	1.34	18	0.8	0.000	0.00		1	0.13	1
B5-2	4680478-2	17.170	14.940	2.230	H6410	feb-20	F3CaHCO3	647	6.9	2.5	4.1	-0.5	0.9	1.3	0.000	0.297	0.10	0.06	1.11	16	1.6	0.003	0.00	5	-5	-0.67	8
B695-1	4680695-1	17.576	16.216	1.360	H7230	feb-19	F1CaSO4	482	6.2	1.6	1.0	-2.0	1.2	1.0	0.000	0.014	0.16	0.03	1.20	19	0.6	0.004	0.00	5	1	0.10	12
B695-1	4680695-1	17.576	16.216	1.360	H7230	sep-19	F1CaSO4	464	6.2	1.8	1.1	-1.8	1.2	0.9	0.001	0.023	0.42	0.02	1.40	17	0.6	0.006	0.01	5	6	0.61	7
B695-1	4680695-1	17.576	16.216	1.360	H7230	feb-20	g1CaSO4	463	6.4	1.6	1.3	-1.7	1.2	0.7	0.001	0.021	0.05	0.01	0.93	17	0.8	0.010	0.01	5	-1	-0.11	12
B695-2	4680695-2	17.576	13.436	4.140	H7230	feb-19	F1CaMix	462	6.3	1.5	1.2	-1.8	1.0	1.0	0.000	0.019	0.43	0.03	1.20	20	0.8	0.008	0.01	5	1	0.06	12
B695-2	4680695-2	17.576	13.436	4.140	H7230	sep-19	F1CaMix	451	6.3	1.7	1.4	-1.7	1.1	1.1	0.001	0.025	0.52	0.03	1.35	17	0.9	0.008	0.01	5	0	0.04	2
B695-2	4680695-2	17.576	13.436	4.140	H7230	feb-20	g1CaSO4	447	6.3	1.6	1.4	-1.7	1.1	0.7	0.000	0.026	0.16	0.01	0.93	18	0.9	0.010	0.01	5	-2	-0.20	12
B713-1	4680713-1	15.620	14.620	1.000	H6410	feb-19	F1CaMix	413	6.3	1.2	1.1	-1.9	0.7	1.3	0.006	0.004	0.07	0.01	0.87	21	1.0	0.014	0.02	5	-3	-0.21	18
B713-1	4680713-1	15.620	14.620	1.000	H6410	sep-19	F1CaSO4	518	6.1	2.0	1.1	-2.0	1.2	1.3	0.004	0.005	0.19	0.01	1.42	19	0.5	0.086	0.07	5	7	0.73	9
B713-1	4680713-1	15.620	14.620	1.000	H6410	feb-20	g1CaMix	310	6.4	0.9	1.0	-2.0	0.5	0.6	0.020	0.009	0.01	0.00	0.51	19	1.1	0.026	0.05	3.5	-1	-0.06	22
B489-1	4680489-1(7	15.602	14.522	1.080	H6410	feb-19	F1CaMix	485	6.2	1.6	1.1	-1.9	0.9	1.4	0.001	0.012	0.09	0.01	1.14	22	0.7	0.044	0.05	5	1	0.05	14
B489-1	4680489-1(7	15.602	14.522	1.080	H6410	sep-19	F1CaMix	484	6.2	1.8	1.4	-1.7	1.0	1.3	0.000	0.018	0.30	0.01	1.42	19	0.8	0.059	0.06	5	4	0.45	5
B489-1	4680489-1(7	15.602	14.522	1.080	H6410	feb-20	F1CaMix	478	6.3	1.6	1.4	-1.7	1.0	1.1	0.020	0.009	0.02	0.00	0.96	19	0.9	0.050	0.05	3.5	-3	-0.31	12
B7-1	4680710-2	15.770	15.18	0.590	H6410	feb-19	F1CaMix	407	6.4	1.5	1.2	-1.7	0.7	1.1	0.001	0.005	0.13	0.01	0.81	17	0.8	0.007	0.01	5	1	0.07	13
B7-1	4680710-2	15.770	15.18	0.590	H6410	feb-20	g1CaMix	292	6.5	1.1	1.3	-1.6	0.3	0.6	0.006	0.009	0.14	0.00	0.53	16	1.2	0.022	0.06	5	5	0.28	15
B7-2	4680710-1	15.770	13.97	1.800	H6410	feb-19	F2CaHCO3	568	6.7	2.2	3.0	-0.8	0.5	1.5	0.000	0.003	0.13	0.01	0.90	19	1.4	0.001	0.00	4	-2	-0.19	16
B7-2	4680710-1	15.770	13.97	1.800	H6410	sep-19	F2CaHCO3	552	6.7	2.6	3.4	-0.7	0.5	1.4	0.001	0.007	0.26	0.01	1.08	16	1.3	0.020	0.04	5	4	0.51	7
B7-2	4680710-1	15.770	13.97	1.800	H6410	feb-20	F2CaHCO3	543	6.7	2.3	3.2	-0.8	0.5	1.2	0.000	0.007	0.12	0.00	0.75	17	1.4	0.011	0.02	5	0	-0.01	14

							molgewicht				61.0		96.1	35.5	62.005	18.038	94.97	39.10	22.99			55.845					
Locaal	NITG	Maaiveld	Diepte	Diepte	Habitat	Datum	Watertyp	EC-20	pH-Lal	TH	HCO3	Sikalk	SO4	Cl	NO3	NH4	oPO4	K	Na	Mg/TH	HCO3/TI	Fe	Fe/S	Redox	IB	Σc-Σa	ΔEC-r
		m NAP	fb:mNAI	fb:m-mv				uS/cm	-	mmol,	mmol,	-	mmol,	mmol,	mmol/L	mmol/L	µmol/l	mmol/	mmol/	%	-	mmol/L	-	1-7	%	meq/L	%
B485-1	46B0485-1	15.910	14.910	1.000	H6410	feb-19	g1CaHCO3	264	6.6	1.0	1.7	-1.4	0.1	0.6	0.034	0.003	0.06	0.01	0.41	17	1.8	0.002	0.01	3.4	-1	-0.05	18
B485-1	46B0485-1	15.910	14.910	1.000	H6410	feb-20	g2CaHCO3	312	6.6	1.2	2.4	-1.2	0.0	0.5	0.001	0.021	0.02	0.00	0.44	16	2.0	0.053	1.15	5	2	0.11	19
B485-2	46B0485-2	15.910	13.910	2.000	H6410	feb-19	F3CaHCO3	670	6.8	2.8	5.6	-0.4	0.0	1.6	0.001	0.004	0.10	0.01	1.02	16	2.0	0.011	0.30	6.7	-4	-0.54	15
B485-2	46B0485-2	15.910	13.910	2.000	H6410	sep-19	F3CaHCO3	672	6.8	3.3	5.2	-0.3	0.0	1.4	0.000	0.004	0.21	0.01	1.22	14	1.6	0.065	3.04	6.7	10	1.41	14
B485-2	46B0485-2	15.910	13.910	2.000	H6410	feb-20	F3CaHCO3	673	6.7	3.0	5.6	-0.4	0.0	1.1	0.000	0.026	0.02	0.00	0.71	14	1.9	0.045	4.51	6.7	1	0.20	20
B693-1	46B0693-1	16.499	15.109	1.390	H0000	feb-19	F1CaMix	469	6.4	1.7	1.2	-1.6	1.0	1.2	0.001	0.026	0.23	0.03	0.82	21	0.7	0.019	0.02	5	0	-0.03	12
B693-1	46B0693-1	16.499	15.109	1.390	H0000	sep-19	F1CaMix	484	6.4	2.1	1.4	-1.5	1.2	1.2	0.000	0.036	0.56	0.02	1.00	18	0.7	0.027	0.02	5	3	0.34	3
B693-1	46B0693-1	16.499	15.109	1.390	H0000	feb-20	F1CaSO4	472	6.5	1.8	1.3	-1.5	1.1	0.8	0.002	0.177	0.05	0.01	0.68	18	0.7	0.014	0.01	5	1	0.12	12
B693-2	46B0693-2	16.499	13.479	3.020	H0000	feb-19	F1CaMix	483	6.2	1.9	1.5	-1.7	1.0	1.1	0.000	0.005	0.11	0.01	0.77	21	0.8	0.002	0.00	5	0	-0.05	11
B693-2	46B0693-2	16.499	13.479	3.020	H0000	sep-19	F1CaMix	445	6.3	1.9	1.5	-1.6	1.0	1.1	0.000	0.003	0.24	0.00	0.96	18	0.8	0.018	0.02	5	3	0.24	2
B693-2	46B0693-2	16.499	13.479	3.020	H0000	feb-20	F1CaMix	490	6.2	2.1	1.6	-1.7	1.2	0.9	0.001	0.023	0.01	0.00	0.61	19	0.8	0.005	0.00	5	-1	-0.08	9
B4-1	M14-1	?	?	3?	H6410	feb-19	F5NaHCO3	2340	7.0	4.3	19.7	0.3	0.4	3.6	0.001	5.935	0.77	2.07	4.41	29	4.6	0.001	0.00		-7	-3.21	21
B4-1	M14-1	?	?	3?	H6410	sep-19	F4NH4HCO3	1885	6.9	3.2	13.8	0.0	0.6	3.2	0.000	6.905	0.93	2.65	3.97	28	4.4	0.000	0.00		4	1.70	15
B4-1	M14-1	?	?	3?	H6410	feb-20	F4NaHCO3	1897	7.0	3.3	15.0	0.2	0.5	2.5	0.001	4.493	0.42	2.08	2.83	30	4.5	0.001	0.00		-7	-2.26	24
B4-2	M14-2	?	?	6?	H6410	feb-19	F1CaMix	440	6.7	1.7	1.6	-1.3	0.8	1.1	0.001	0.142	0.33	0.10	1.00	17	0.9	0.001	0.00		4	0.39	9
B4-2	M14-2	?	?	6?	H6410	sep-19	F1CaMix	432	6.6	1.9	1.6	-1.2	1.1	1.3	0.000	0.158	0.52	0.16	1.06	15	0.9	0.000	0.00		-1	-0.06	-11
B4-2	M14-2	?	?	6?	H6410	feb-20	F1CaMix	437	6.7	1.7	1.7	-1.1	1.0	0.9	0.000	0.057	0.25	0.06	0.68	15	1.0	0.002	0.00	5	-5	-0.46	6
B3-1	45B0694-1	17.540	15.690	1.850	H6410	feb-19	F1CaMix	402	6.5	1.4	1.5	-1.5	0.6	1.3	0.002	0.019	0.18	0.03	0.93	19	1.1	0.003	0.01	5	-3	-0.21	9
B3-1	45B0694-1	17.540	15.690	1.850	H6410	sep-19	F1CaMix	404	6.5	1.6	1.7	-1.4	0.6	1.2	0.001	0.031	0.36	0.02	1.07	17	1.0	0.017	0.03	5	3	0.24	3
B3-1	45B0694-1	17.540	15.690	1.850	H6410	feb-20	F1CaMix	410	6.6	1.5	1.7	-1.4	0.6	0.9	0.001	0.037	0.16	0.01	0.71	18	1.1	0.018	0.03	5	1	0.06	17
B3-2	45B0694-2	17.540	13.420	4.120	H6410	feb-19	F1CaMix	424	6.5	1.5	1.3	-1.5	0.8	1.2	0.001	0.022	0.36	0.03	0.95	19	0.9	0.004	0.01	5	-1	-0.07	10
B3-2	45B0694-2	17.540	13.420	4.120	H6410	sep-19	F1CaMix	415	6.4	1.7	1.5	-1.5	0.8	1.1	0.000	0.022	0.44	0.02	1.04	17	0.9	0.003	0.00	5	3	0.23	3
B3-2	45B0694-2	17.540	13.420	4.120	H6410	feb-20	F1CaMix	399	6.5	1.5	1.5	-1.4	0.6	0.9	0.000	0.070	0.21	0.01	0.70	17	1.0	0.004	0.01	5	1	0.08	15
B2-1	B46B0712-1	15.010	14.28	0.730	H0000	feb-19	g1CaHCO3	121	6.0	0.5	0.7	-2.8	0.2	0.2	0.002	0.004	0.30	0.01	0.30	20	1.4	0.016	0.09	5	8	0.21	5
B2-1	B46B0712-1	15.010	14.28	0.730	H0000	feb-20	g1CaHCO3	176	6.2	0.6	1.4	-2.2	0.1	0.1	0.004	0.036	0.14	0.02	0.15	20	2.3	0.336	3.21	5	12	0.46	7
B2-2	B46B0712-2	15.010	13.16	1.850	H0000	feb-19	g1CaHCO3	127	5.8	0.5	0.7	-2.9	0.1	0.2	0.002	0.005	1.35	0.01	0.38	22	1.4	0.020	0.15	5	11	0.29	5
B2-2	B46B0712-2	15.010	13.16	1.850	H0000	sep-19	G1CaHCO3	180	6.0	0.7	1.4	-2.2	0.1	0.0	0.000	0.022	0.96	0.01	0.66	20	2.0	0.033	0.22	5	13	0.50	8
B2-2	B46B0712-2	15.010	13.16	1.850	H0000	feb-20	g1CaHCO3	168	6.1	0.7	1.2	-2.3	0.1	0.2	0.018	0.016	0.47	0.00	0.30	19	1.7	0.039	0.41	3.5	10	0.36	11
B1-1	B46B0711-1	15.740	14.870	0.870	H6410	feb-19	g1CaMix	325	6.4	1.3	1.1	-1.8	0.8	0.8	0.002	0.005	0.23	0.02	0.66	16	0.9	0.008	0.01	5	-4	-0.28	0
B1-1	B46B0711-1	15.740	14.870	0.870	H6410	sep-19	G1CaSO4	404	6.4	1.6	0.7	-1.8	1.1	0.1	0.006	0.032	0.26	0.02	0.90	14	0.4	0.026	0.02	5	18	1.30	20
B1-1	B46B0711-1	15.740	14.870	0.870	H6410	feb-20	g1CaSO4	386	6.2	1.4	1.0	-2.0	1.0	0.7	0.001	0.023	0.08	0.00	0.67	15	0.7	0.074	0.07	5	1	0.05	8
B1-2	B46B0711-2	15.740	13.240	2.500	H6410	feb-19	F1CaMix	413	6.1	1.2	0.9	-2.2	1.0	1.1	0.003	0.127	0.16	0.04	0.85	15	0.7	0.177	0.19	5	0	-0.01	10
B1-2	B46B0711-2	15.740	13.240	2.500	H6410	sep-19	g1CaSO4	401	6.1	1.4	1.0	-2.1	1.0	0.2	0.002	0.170	0.43	0.04	0.97	13	0.7	0.183	0.18	5	16	1.16	17
B1-2	B46B0711-2	15.740	13.240	2.500	H6410	feb-20	g1CaSO4	434	6.1	1.4	0.9	-2.1	1.2	0.7	0.002	0.177	0.08	0.02	0.67	14	0.7	0.210	0.18	5	2	0.17	11

Beoordelingscriteria analyseresultaten

De volgorde van de buizen in de tabel is zodanig, dat in grote lijnen de gradiënt van zuid naar noord kan worden bekeken aan de hand van de raaien B8-B695, B713-B3 en enkele buizen daarbuiten.

Alle buizen staan in het lage deel van het Bekken van Groesbeek in potentieel kwelgebied. Gezien de geologie en de aanwezigheid van kalk in een deel van de zandondergrond en in de löss (Jalink, 2011; 2021) is te verwachten dat het water dat naar maaiveld kwelt, gebufferd is door oplossing van kalk en als dominante ionen Ca en HCO3 heeft (CaHCO3-watertype). De hardheid zal dan variëren tussen ca 1 en 2,5 mmol/l, HCO3 tussen 2 en 5 mmol/l, de ratio van beide zal ongeveer 2 zijn (Jalink en Van Beek, 2001). Bij een onbeïnvloede, natuurlijke grondwaterkwaliteit valt te verwachten dat de nutriëntengehalten laag zijn (NO3 nihil, K <0,05 mmol/l, SO4<0,2 mmol/l) (Jalink en Van Beek, 2001). Van nature ligt het aandeel Mg in kalk in dit deel van Nederland rond 10-15%, een veel hoger aandeel Mg in de hardheid wijst veelal op bekalking (met relatief Mg-rijke dolomietkalk) of dierlijke mest (Jalink en Van Beek, 2001; Van Beek et al., 2006). Grondwater dat in stuwwallen is geïnfiltreerd is overwegend ijzerarm, doordat ze weinig reductief materiaal meer bevatten (Jalink, 2010). Dat valt ook in de kwelzones te verwachten, tenzij langs de stroombaan nog reductieprocessen optreden, bijvoorbeeld in venige lagen. De beschikbaarheid van fosfaat in de bodem wordt –behalve door de totale hoeveelheid fosfor aanwezig- bepaald door vastlegging aan ijzer(hydr)oxiden en in basenrijk milieu aan calcium. Sulfiden binden sterk aan ijzer, waarbij ijzer-gebonden fosfaat in oplossing kan gaan. Een overmaat aan ijzer in de bodem voorkomt dit proces. De leemlagen in De Bruuk zijn over het algemeen ijzerrijk. Wanneer de aanvoer van zwavel via het grondwater zeer hoog is en de aanvoer van ijzer gering, kan dit ertoe leiden dat de verhouding Fe/S in de bodem te laag wordt. Dit is niet te verwachten, indien de aanvoer van sulfaat geringer is dan die van ijzer (Fe/S >1), of wanneer het sulfaat via afstromend oppervlaktewater weer uit het gebied verdwijnt. Met deze vuistregels wordt de toestand (en verderop de trend) van de procesindicator grondwaterkwaliteit voor het functioneren van het geohydrochemisch systeem besproken.

Kwaliteitscontrole analyseresultaten

Bij het overgrote deel van de grondwatermonsters uit 2019/20 valt de afwijking in de ionenbalans binnen een marge van 10 % (gehanteerd door Stuyfzand, 2017) en is de afwijking tussen gemeten en berekende EGV acceptabel (<20% verschil). Deze gegevens worden daarom betrouwbaar geacht. Enkele monsters wijken daar flink vanaf. Dit lijkt het geval voor de zomermetingen van B9, B1-1 en B1-2. Gezien ook het absolute verschil (K-A) vrij groot is, kan dit wijzen op aanwezigheid van een ion dat buiten het analysepakket viel (dan wel een artefact in de analyse).

Interpretatie analyseresultaten

De monsters zijn genomen in februari en september 2019 en februari 2020. Op een aantal locaties zijn er verschillen tussen de drie meetmomenten. Deels lijken die verklaarbaar door een grotere invloed van grondwater in de zomer. Deels is dat niet het geval. Gezien de extreme meteorologische omstandigheden in de jaren 2018-2020 is dit nog moeilijk te duiden.

Zoals verwacht, over het algemeen is Ca het dominante kation, ligt de hardheid tussen 1 en 2,5 mmol/l en de pH op 6,0 of hoger. Het aandeel Mg in de hardheid is op de meeste locaties niet duidelijk verhoogd. Ook het K-gehalte is op de meeste locaties niet hoger dan van nature verwacht.

Bij de anionen zijn de verschillen groter. Op de meeste locaties is het sulfaatgehalte hoog, van zo'n 0,5 tot bijna 2,0 mmol/l. De bicarbonaatgehalten variëren sterk, van minder dan 1 mmol/l tot 5,5 mmol/l met op een plek (B4-1) uitschieters tot bijna 20 mmol/l. De ratio HCO3/TH, die veelal ver onder 2,0 ligt wijst erop, dat bij of na het oplossen van kalk niet alleen het natuurlijke (zwakke) zuur kooldioxide een rol speelt, maar ook sterke zuren (gekoppeld aan hoge gehalten nitraat of sulfaat). Het Chloridegehalte varieert sterk, van 0,1 tot 1,7 mmol/l (en in B4-1 nog meer).

Waarden tot ca 1 mmol/l kunnen vaak verklaard door verschillen in verdamping, ofwel in het intrekgebied ofwel in de natte laagte zelf (heide/schraalland vs donker naaldbos). Hogere gehalten kunnen samenhangen met o.a. bemesting of infiltrerend Cl-rijk oppervlaktewater (b.v. rioolzuiveringseffluent).

Het nitraatgehalte is in alle monsters laag. De ammoniumgehalten zijn op de meeste plekken eveneens vrij gering (meestal 0,03 mmol/l of minder). De actuele aanvoer naar de wortelzone van anorganisch stikstof via het grondwater is op de meeste plekken dus gering (0,03 mmol/l N komt overeen met bijna 2 mg NO3/l en daarmee ver onder de nitraatnorm van 50 mgNO3/l, wat overeenkomt met 0,8 mmolN/l)). De vaak zeer hoge sulfaatgehalten zijn echter mede veroorzaakt door de nitraatbelasting van het inzijgend grondwater in de omgeving: nitraat verdwijnt namelijk als gevolg van oxidatie van sulfiden bij denitrificatie (Jalink, 2012; 2021). Ze verhullen als het ware de belasting van het grondwatersysteem met inzijgend nitraat. De ortho-fosfaatgehalten liggen overwegend tussen 0,1 en 0,6 µmol/l (0,0001-0,0006 mmol/l).

Wat betreft individuele meetpunten valt verder het volgende op:

B4-1 vertoont extreem hoge waarden voor EGV, TH, HCO_3, SO_4, NH_4, oPO_4, K en Na; Mg/TH ligt rond 30% en wijst daarmee op invloed van bekalking of dierlijke bemesting; HCO3/TH ligt rond 4,5 en wijst op extra productie van HCO3 door reductieprocessen (vermoedelijk SO4- of Fe-reductie); het Cl-gehalte in B4-1 is steeds ca 3 x zo hoog als B4-2, wat erop wijst dat geen kwel optreedt ! Als enige buis in de Bruuk is in B4-1 sprake van oververzadiging (SIkalk >0), de pH, TH en HCO3 waarden zijn de hoogst gemeten waarden in het gebied. Ze zijn echter het gevolg van anthropogene invloed (bekalking/bemesting) in combinatie met reductieprocessen, waarschijnlijk als gevolg van vernatting.

B485 vertoont een sterke stratificatie: EGV, TH, HCO3, Cl en Na zijn in het diepe filter (1,8m-mv) aanzienlijk hoger dan in het ondiepe (<1 m-mv). Dit wijst niet op kwelinvloed. SIkalk in het diepere filter wijst op evenwicht, en daarmee potentieel kalkafzetting; in het ondiepe filter is sprake van onderverzadiging.

B7-1 vertoont een sterke stratificatie: EGV, TH, HCO3, Cl en Na zijn in het diepe filter (2m-mv) aanzienlijk hoger dan in het ondiepe (<1 m-mv). Dit wijst niet op kwelinvloed.

B2-1 en B2-2 vallen op door lage EGV, TH, HCO3, en zeer lage Cl en SO4; de samenstelling wijst erop, dat nauwelijks aangerijkt lokaal grondwater of regenwater, dat in de (nog) gebufferde bodem licht is aangerijkt, overheerst.

B8-1/2 (oostzijde) vertonen een lagere hardheid en bicarbonaatgehalte dan de centraal gelegen B6-1/2

B713-1 en B489-1 (beide in oostelijk schraalland) vertonen een lagere hardheid en bicarbonaatgehalte dan de westelijker B7-1/2.

IV Ontwikkeling Waterkwaliteit grondwaterbuizen februari 2009-2019/2020

In onderstaande tabel zijn de belangrijkste analyseresultaten en enkele met HCG (Stuyfzand, 2017) afgeleide parameters van de bemonstering peilbuizen in februari 2009 en februari 2019/2020 opgenomen. Voor nadere beschrijving wordt verwezen naar Jalink, 2021; een samenvatting van de interpretatie is opgenomen in paragraaf 5.2.3.

						molgewicht		5.6	61.0		96.1	35.5	62.005	18.038	####	####	####			55.845				
Lokaal	NITG/oud	vlaaiveld	Diepte	Depth'	Datum	Watertype	pH-Lab	TH	HCO3	Sikalk	SO4	Cl	NO3	NH4	oPO4	K	Na	Mg/TH	HCO3/	Fe	Fe/S	Redo	IB	Σc-Σa
		mNAP	b mNAP	m-mv				mmol,	mmol,	-	mmol,	mmol,	mmol/L	mmol/L	µmol/	mmo	mmo	%	-	mmol/	-	1-7	%	meq/L
B8-1	1a			0.65	Feb-09	F1CaHCO3	6.1	1.2	1.8	-1.9	0.1	1.4	0.000	0.003	1.60	0.00	0.99	25	1.5	0.316	2.18	5	9	0.66
B8-1	46B0709-1	16.37	15.61	0.76	Feb-19	F1CaMix	6.2	1.5	1.2	-1.9	0.7	1.4	0.001	0.003	0.09	0.01	0.95	20	0.8	0.056	0.08	5	0	0.03
B8-1	46B0709-1	16.37	15.61	0.76	Feb-20	g1CaHCO3	6.2	0.8	1.2	-2.1	0.3	0.4	0.016	0.011	0.10	0.00	0.46	19	1.6	0.131	0.47	5	3	0.15
B8-2	1b			1.36	Feb-09	F1CaMix	5.9	1.7	1.1	-2.2	0.7	2.1	0.001	0.005	1.20	0.01	1.50	20	0.7	0.095	0.13	5	4	0.37
B8-2	46B0709-2	16.37	15.04	1.33	Feb-19	F1CaMix	5.9	1.3	0.9	-2.4	0.8	1.6	0.002	0.015	0.44	0.02	1.39	19	0.7	0.003	0.00	5	0	0.03
B8-2	46B0709-2	16.37	15.04	1.33	Feb-20	F1CaMix	6.2	1.6	1.7	-1.7	0.7	1.3	0.003	0.017	0.15	0.00	0.95	17	1.1	0.315	0.47	5	6	0.57
B713-1	2a			0.85	Feb-09	F1CaMix	6.4	1.5	2.0	-1.5	0.6	1.8	0.000	0.003	0.90	0.00	1.03	24	1.3	0.498	0.88	5	3	0.25
B713-1	46B0713-1	15.62	14.62	1.00	Feb-19	F1CaMix	6.3	1.2	1.1	-1.9	0.7	1.3	0.006	0.004	0.07	0.01	0.87	21	1.0	0.014	0.02	5	-3	-0.21
B713-1	46B0713-1	15.62	14.62	1.00	Feb-20	g1CaMix	6.4	0.9	1.0	-2.0	0.5	0.6	0.020	0.009	0.01	0.00	0.51	19	1.1	0.026	0.05	3.5	-1	-0.06
B7-1?	4a			0.57	Feb-09	F2CaHCO3	6.5	1.2	3.4	-1.2	0.1	1.0	0.001	0.002	1.20	0.00	1.21	18	2.9	0.553	4.13	5	0	0.01
B7-1	46B0710-2	15.77	15.18	0.59	Feb-19	F1CaMix	6.4	1.5	1.2	-1.7	0.7	1.1	0.001	0.005	0.13	0.01	0.81	17	0.8	0.007	0.01	5	1	0.07
B7-1	46B0710-2	15.77	15.18	0.59	Feb-20	g1CaMix	6.5	1.1	1.3	-1.6	0.3	0.6	0.006	0.009	0.14	0.00	0.53	16	1.2	0.022	0.06	5	5	0.28
B7-2?	4b			1.82	Feb-09	F2CaHCO3	6.7	2.2	3.7	-0.8	0.4	1.6	0.006	0.004	2.00	0.01	1.01	21	1.7	0.061	0.16	5	-5	-0.59
B7-2	46B0710-1	15.77	13.97	1.80	Feb-19	F2CaHCO3	6.7	2.2	3.0	-0.8	0.5	1.5	0.000	0.003	0.13	0.01	0.90	19	1.4	0.001	0.00	4	-2	-0.19
B7-2	46B0710-1	15.77	13.97	1.80	Feb-20	F2CaHCO3	6.7	2.3	3.2	-0.8	0.5	1.2	0.000	0.007	0.12	0.00	0.75	17	1.4	0.011	0.02	5	0	-0.01
B485-1	5a			0.90	Feb-09	g3CaHCO3	6.7	1.7	4.8	-0.8	0.0	0.6	0.002	0.002	1.20	0.00	0.98	22	2.9	0.354	23.62	6.7	-4	-0.38
B485-1	46B0485-1	15.91	14.91	1.00	Feb-19	g1CaHCO3	6.6	1.0	1.7	-1.4	0.1	0.6	0.034	0.003	0.06	0.01	0.41	17	1.8	0.002	0.01	3.4	-1	-0.05
B485-1	46B0485-1	15.91	14.91	1.00	Feb-20	g2CaHCO3	6.6	1.2	2.4	-1.2	0.0	0.5	0.001	0.021	0.02	0.00	0.44	16	2.0	0.053	1.15	5	2	0.11
B485-2	5b			2.00	Feb-09	F3CaHCO3	7.0	3.1	6.6	-0.1	0.1	1.4	0.000	0.001	3.50	0.00	0.84	17	2.1	0.126	1.11	5	-5	-0.78
B485-2	46B0485-2	15.91	13.91	2.00	Feb-19	F3CaHCO3	6.8	2.8	5.6	-0.4	0.0	1.6	0.001	0.004	0.10	0.01	1.02	16	2.0	0.011	0.30	6.7	-4	-0.54
B485-2	46B0485-2	15.91	13.91	2.00	Feb-20	F3CaHCO3	6.7	3.0	5.6	-0.4	0.0	1.1	0.000	0.026	0.02	0.00	0.71	14	1.9	0.045	4.51	6.7	1	0.20
B693-1	13a			1.40	Feb-09	F2CaHCO3	6.5	1.5	2.6	-1.3	0.4	0.9	0.002	0.003	5.60	0.02	1.16	23	1.7	0.188	0.45	5	4	0.35
B693-1	46B0693-1	16.50	15.11	1.39	Feb-19	F1CaMix	6.4	1.7	1.2	-1.6	1.0	1.2	0.001	0.026	0.23	0.03	0.82	21	0.7	0.019	0.02	5	0	-0.03
B693-1	46B0693-1				Feb-20	F1CaSO4	6.5	1.8	1.3	-1.5	1.1	0.8	0.002	0.177	0.05	0.01	0.68	18	0.7	0.014	0.01	5	1	0.12
B693-2				3.01	Feb-09	F1CaMix	6.4	1.6	1.1	-1.7	0.9	1.1	0.013	0.014	3.00	0.03	0.66	22	0.7	0.028	0.03	5	0	-0.01
B693-2	46B0693-2	16.50	13.48	3.02	Feb-19	F1CaMix	6.2	1.9	1.5	-1.7	1.0	1.1	0.000	0.005	0.11	0.01	0.77	21	0.8	0.002	0.00	5	0	-0.05
B693-2	46B0693-2	16.50	13.48	3.02	Feb-20	F1CaMix	6.2	2.1	1.6	-1.7	1.2	0.9	0.001	0.023	0.01	0.00	0.61	19	0.8	0.005	0.00	5	-1	-0.08
B3-1	11a			1.85	Feb-09	F1CaMix	6.8	1.6	1.7	-1.1	0.5	1.1	0.027	0.007	3.60	0.03	0.73	19	1.1	0.034	0.06	3.5	1	0.11
B3-1	45B0694-1	17.54	15.69	1.85	Feb-19	F1CaMix	6.5	1.4	1.5	-1.5	0.6	1.3	0.002	0.019	0.18	0.03	0.93	19	1.1	0.003	0.01	5	-3	-0.21
B3-1	45B0694-1	17.54	15.69	1.85	Feb-20	F1CaMix	6.6	1.5	1.7	-1.4	0.6	0.9	0.001	0.037	0.16	0.01	0.71	18	1.1	0.018	0.03	5	1	0.06
B3-2	11b			4.18	Feb-09	F1CaMix	6.4	1.5	1.1	-1.7	0.9	0.9	0.002	0.006	1.30	0.06	0.68	21	0.7	0.006	0.01	5	0	0.04
B3-2	45B0694-2	17.54	13.42	4.12	Feb-19	F1CaMix	6.5	1.5	1.3	-1.5	0.8	1.2	0.001	0.022	0.36	0.03	0.95	19	0.9	0.004	0.01	5	-1	-0.07
B3-2	45B0694-2	17.54	13.42	4.12	Feb-20	F1CaMix	6.5	1.5	1.5	-1.4	0.6	0.9	0.000	0.070	0.21	0.01	0.70	17	1.0	0.004	0.01	5	1	0.08
B2-1	3a			0.78	Feb-09	g1CaHCO3	6.2	0.7	1.3	-2.1	0.0	0.4	0.003	0.023	5.10	0.00	0.32	21	1.8	0.336	7.81	5	19	0.81
B2-1	B46B0712-1	15.01	14.28	0.73	Feb-19	g1CaHCO3	6.0	0.5	0.7	-2.8	0.2	0.2	0.002	0.004	0.30	0.01	0.30	20	1.4	0.016	0.09	5	8	0.21
B2-1	B46B0712-1	15.01	14.28	0.73	Feb-20	g1CaHCO3	6.2	0.6	1.4	-2.2	0.1	0.1	0.004	0.036	0.14	0.02	0.15	20	2.3	0.336	3.21	5	12	0.46
B2-2	3b			1.93	Feb-09	g1CaHCO3	5.8	0.7	1.2	-2.5	0.0	0.1	0.001	0.005	4.20	0.00	0.55	23	1.7	0.057	2.73	5	21	0.74
B2-2	B46B0712-2	15.01	13.16	1.85	Feb-19	g1CaHCO3	5.8	0.5	0.7	-2.9	0.1	0.2	0.002	0.005	1.35	0.01	0.38	22	1.4	0.020	0.15	5	11	0.29
B2-2	B46B0712-2	15.01	13.16	1.85	Feb-20	g1CaHCO3	6.1	0.7	1.2	-2.3	0.1	0.2	0.018	0.016	0.47	0.00	0.30	19	1.7	0.039	0.41	3.5	10	0.36
B1-2	14b			2.54	Feb-09	g1CaMix	6.2	1.9	1.0	-1.8	0.2	0.8	0.004	0.075	1.20	0.02	0.46	19	0.5	0.059	0.29	5	34	2.31
B1-2	B46B0711-2	15.74	13.24	2.50	Feb-19	F1CaMix	6.1	1.2	0.9	-2.2	1.0	1.1	0.003	0.127	0.16	0.04	0.85	15	0.7	0.177	0.19	5	0	-0.01
B1-2	B46B0711-2	15.74	13.24	2.50	Feb-20	g1CaSO4	6.1	1.4	0.9	-2.1	1.2	0.7	0.002	0.177	0.08	0.02	0.67	14	0.7	0.210	0.18	5	2	0.17

V Bodemchemie 2019

In onderstaande tabellen zijn de analyseresultaten weergegeven van de bodemmonsters van de bovenste 15 cm. Er worden in het meetplan geen referentiegegevens genoemd voor beoordeling van de analyseresultaten. De beschrijving van deze resultaten zijn te vinden in paragraaf 5.3.2.

								Zout (0,2 NaCl)													
Datum	**Locatie**	**Diepte**	**Omschrijving locatie**	**Vochtgehalte**	**Massavolume**	**Organische stof**	**Olsen-P**	**pH-NaCl**	**BV-z**	**NO_3**	**NH_4**	**Al**	**Ca**	**Fe**	**K**	**Mg**	**Mn**	**P**	**S**	**Si**	**Zn**
		cm-mv		%	kg droog/l vers	%	µmol/l		%	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l
2/19/2019	C1	0-15	grasland	31.6	1.1	5.4	1521	3.98	97	26	26	202	35145	2.5	197	5271	403	0.7	1032	560	63.9
2/19/2019	C3	0-15	schraalland	24.0	1.4	2.7	105	5.38	100	18	2	19	23575	1.1	335	4231	2	0.1	278	186	0.8
2/19/2019	C4	0-15	grasland (paardenwei)	26.5	1.0	9.2	3534	4.72	99	804	153	38	22321	4.0	984	5362	56	39.7	225	199	41.7
2/19/2019	C5	0-15	schraalland	44.9	0.9	9.9	252	4.69	99	16	77	76	23466	9.7	360	3842	21	0.7	765	139	38.0
2/19/2019	C6	0-15	schraalland	66.0	0.4	32.7	384	5.04	100	50	74	28	26797	4.2	183	5284	12	0.7	1448	204	6.0
2/19/2019	C7	0-15	schraalland	68.3	0.4	39.1	217	5.24	100	212	144	25	26653	2.4	194	3886	5	1.1	689	165	2.7
2/19/2019	C8	0-15	schraalland	44.6	0.8	11.9	649	4.40	98	7	23	132	19138	11.0	301	2581	69	0.8	420	178	51.2
2/19/2019	C10	0-15	schraalland	44.2	0.8	12.8	331	5.19	100	45	42	63	24708	3.2	151	3998	6	0.7	802	174	2.9
2/19/2019	C11	0-15	schraalland	37.8	0.9	9.4	540	4.91	99	20	111	54	28461	3.4	202	2918	151	0.9	287	184	12.1
2/19/2019	C46B0713	0-15	schraalland	75.3	0.3	55.7	531	4.62	99	72	101	75	19226	2.9	136	3381	10	0.7	1349	297	41.8
2/19/2019	C46B0485	0-15	schraalland	58.4	0.5	25.5	387	5.53	100	34	54	5	24862	1.1	139	3425	10	0.7	386	128	2.1
2/19/2019	C46B0695	0-15	schraalland	21.9	1.5	2.2	68	5.15	100	10	0	13	22968	3.7	283	5611	22	0.0	1715	231	12.9

								Destructie										
Datum	**Locatie**	**Diepte**	**Omschrijving locatie**	**Vochtgehalte**	**Massavolume**	**Organische stof**	**Olsen-P**	**Al**	**Ca**	**Fe**	**K**	**Mg**	**Mn**	**P**	**S**	**Si**	**Zn**	**Fe/S**
		cm-mv		%	kg droog/l vers	%	µmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	
2/19/2019	C1	0-15	grasland	31.6	1.1	5.4	1521	428	56.7	206	7.7	24.1	0.8	14.7	15.7	17.6	0.8	13.1
2/19/2019	C3	0-15	schraalland	24.0	1.4	2.7	105	339	46.0	94	9.8	37.3	0.6	3.0	8.7	19.3	0.4	10.8
2/19/2019	C4	0-15	grasland (paardenwei)	26.5	1.0	9.2	3534	309	61.2	100	9.5	24.6	4.7	27.6	15.8	13.2	0.9	6.3
2/19/2019	C5	0-15	schraalland	44.9	0.9	9.9	252	231	52.4	65	6.5	23.8	0.4	6.5	17.7	12.3	0.6	3.7
2/19/2019	C6	0-15	schraalland	66.0	0.4	32.7	384	166	86.8	59	4.6	16.6	0.5	8.8	35.1	5.8	0.3	1.7
2/19/2019	C7	0-15	schraalland	68.3	0.4	39.1	217	90	115.3	185	1.9	10.6	0.9	8.3	27.0	4.3	0.5	6.8
2/19/2019	C8	0-15	schraalland	44.6	0.8	11.9	649	297	25.5	91	7.0	18.3	0.4	7.4	13.2	10.6	0.5	6.9
2/19/2019	C10	0-15	schraalland	44.2	0.8	12.8	331	186	72.0	153	6.5	28.3	1.5	8.2	18.3	10.2	0.4	8.4
2/19/2019	C11	0-15	schraalland	37.8	0.9	9.4	540	337	66.3	141	8.1	27.3	1.3	8.8	15.6	12.9	0.6	9.0
2/19/2019	C46B0713	0-15	schraalland	75.3	0.3	55.7	531	117	42.8	75	2.5	7.5	0.1	10.3	36.3	4.0	0.5	2.1
2/19/2019	C46B0485	0-15	schraalland	58.4	0.5	25.5	387	235	82.2	143	4.6	20.4	3.2	7.8	16.3	7.2	0.6	8.7
2/19/2019	C46B0695	0-15	schraalland	21.9	1.5	2.2	68	365	37.3	88	10.9	36.0	0.5	1.6	6.7	21.0	0.4	13.2

VI Permanente quadraten in grid-transecten

Onderstaande tabel toont de volledige opnamen van de permanente quadraten in 3 van de vier transecten (nummers komen overeen met de gridnummers in de tabellen 5.4 t/m 5.6.)

Op basis van aanwezigheid van kensoorten en differentiërende soorten (Schaminée et al.,1996; 2017) zijn de opnamen ingedeeld in plantengemeenschappen. De enige twee opnamen met een kensoort van het echte Blauwgrasland (Vlozegge in 3-5 en 3-25) zijn als zodanig benoemd. In de overige opnamen komen wel verbonds-kensoorten voor, maar daarnaast alleen ken- en differentiërende soorten voor de Associatie van Gevlekte orchis en Veldrus. Deze opnamen zijn onder die associatie gebracht, deels als Associatie-fragment (toevoeging –AF) vanwege de lage bedekking van kensoort Veldrus en het ontbreken van voor deze associatie differentiërende soorten. Opvallend is de zeer hoge bedekking van veenmossen in de pq's van transect 2. In de regel Veenmos totaal is ofwel de oorspronkelijke bedekking van niet op soort benoemde veenmossen weergegeven, ofwel een optelling gemaakt van de totale bedekking van de verschillende soorten.

	Opnamenummer		1	2	3	4	5	11	12	13	14	15	6	7	8	9	10		
	Transect		2-2	2-5	2-11	2-14	2-18	3-3	3-5	3-12	3-25	3-31	4-2	4-5	4-7	4-13	4-21		
	Jaar		2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020		
	Maand		06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06		
	Dag		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		
	X-coordinaat (x 1000)		194891	194884	194870	194862	194853	194981	194977	194961	194933	194920	195084	195077	195073	195059	195041		
	Y-coordinaat (x 1000)		418967	418972	418983	418989	418996	419214	419218	419233	419259	419271	419190	419196	419200	419211	419227		
	Lengte proefvlak (m)		3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		
	Breedte proefvlak (m)		3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		
	Opp. proefvlak (m[illegible])		9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00		
	Bedekking totaal (%)		99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	100	99		
	Bedekking kruidlaag (%)		85	80	80	78	80	95	95	95	95	95	85	90	85	95	95		
	Bedekking moslaag (%)		95	95	95	95	95	30	50	40	90	90	95	70	90	80	30		
	Gem. hoogte (hoge) kruidl (cm)		30	25	25	30	30	35	15	50	25	30	15	20	15	30	40		
	Maximale hoogte kruidlaag (cm)		110	90	50	110	70	70	70	110	70	70	70	70	70	80	100		
	Mossen geidentificeerd (J/N)		J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J		
	Permanent Quadraat (J/N)		J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J		
	Opmerking		Cja	Cja	Cja	Cja	Cja	Cja	CM	Cja	CM	Cja	Cja-AF	Cja	Cja-AF	Cja	Cja-AF		
	Opnamenr		FS2006	FS2006	FS2006	FS2006	FS2006	FS2006	FS2006	FS2006	FS2006	FS2006	FS2006	FS2006	FS2006	FS2006	FS2006	25-10	Erik Simons
16Aa-K	Succisa pratensis	kl	2a	+	+			1	+	1	2a	+	+	2a	2a	2a	+	1258	Blauwe knoop
16Aa-K	Carex panicea	kl	.	.	.	.	.	2a	2b	2a	2a	.	.	.	.	1	1	248	Blauwe zegge
16Aa-K	Galium uliginosum	kl	1	+	.	.	.	1	2a	2a	1	1	.	.	.	2a	1	556	Ruw walstro
16Aa-K	Valeriana dioica	kl	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2a	2b	1332	Kleine valeriaan
16Aa1-K	Carex pulicaris	kl	.	.	.	.	.	.	2a	.	1	.	.	.	.	.	.	255	Vlozegge
16Aa2-D	Dactylorhiza maculata	kl	+	+	+	1	r	1	+	+	+	1	r	1	+	+	.	1686	Gevlekte orchis
16Aa2-K	Juncus acutiflorus	kl	2a	2a	2a	2a	2b	2a	.	2a	.	2a	1	2m	1	2b	1	670	Veldrus
16Aa2-D	Anemone nemorosa	kl	+	2b	2a	.	.	+	.	.	1	.	.	.	.	.	.	56	Bosanemoon
16Aa2-D	Crepis paludosa	kl	.	.	.	.	.	2a	r	.	1	2b	.	.	.	r	.	373	Moerasstreepzaad
16Aa2-D	Carex acutiformis	kl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	212	Moerasspirea
16Aa-D	Molinia caerulea	kl	3	3	4	4	4	2a	2a	2b	2a	.	2a	3	1	2a	4	832	Pijpenstrootje
16Aa-D	Potentilla erecta	kl	1	1	1	1	1	1	.	2a	1	1	4	1	2b	2a	1	1008	Tormentil
16Aa-D	Luzula multiflora	kl	+	.	.	1	.	+	.	1	1	+	+	+	+	.	.	1933	Veelbloemige veldbies s.l.
16Aa-D	Agrostis canina	kl	2b	2a	2m	2a	2b	2a	2a	1	1	.	2a	2a	4	2a	1	1544	Moerasstruisgras
16Aa1b-D	Calamagrostis canescens	kl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	2a	173	Hennegras
16Aa1b-D	Peucedanum palustre	kl	1	.	+	+	1	.	.	.	.	.	.	.	+	1	+	929	Melkeppe
16Aa-D	Viola palustris	kl	1	.	1	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	1985	Moerasviooltje
16A-K	Achillea ptarmica	kl	.	.	.	.	.	+	.	.	1	1	.	.	.	+	.	5	Wilde bertram
16A-K	Angelica sylvestris	kl	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	60	Gewone engelwortel
16A-K	Cirsium palustre	kl	2b	2a	.	2a	+	+	+	1	+	.	.	.	+	1	.	335	Kale jonker
16A-K	Climacium dendroides	ml	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	2651	Boompjesmos
16A-K	Equisetum palustre	kl	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	466	Lidrus
16A-K	Lotus pedunculatus	kl	2a	1	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	+	1	1	763	Moerasvederklaver
16A-K	Rhinanthus angustifolius	kl	+	.	.	.	.	1	1	.	.	2b	.	.	.	1	.	1066	Grote ratelaar
16A-K	Silene flos-cuculi	kl	.	.	.	.	.	.	.	r	.	1	.	.	.	.	.	772	Echte koekoeksbloem
16Aa-D	Danthonia decumbens	kl	.	.	.	.	.	2a	2b	+	2b	.	.	.	.	+	2a	1199	Tandjesgras
16Ab4-K	Jacobaea aquatica	kl	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1183	Waterkruiskruid
16A-D	Calliergonella cuspidata	ml	2b	.	.	.	.	2b	3	.	3	3	.	.	.	.	3	2620	Gewoon puntmos
16A-D	Carex nigra	kl	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	+	.	+	2b	2a	244	Zwarte zegge
16A-D	Filipendula ulmaria	kl	1	+	.	.	.	2a	.	2b	1	2a	.	.	.	1	2a	526	Moeraspirea
16A-D	Galium palustre ssp. Palustre	kl	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1479	Tenger walstro
16A-D	Hydrocotyle vulgaris	kl	1	1	+	1	.	1	2a	.	.	.	+	.	1	1	2a	641	Gewone waternavel
16A-D	Lysimachia vulgaris	kl	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	1	+	+	1	2a	784	Grote wederik
16A-D	Lythrum salicaria	kl	+	1	.	+	.	.	+	.	.	1	.	.	+	+	1	785	Grote kattenstaart
16A-D	Phragmites australis	kl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	933	Riet
16BC1-K	Cynosurus cristatus	kl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	386	Kamgras
16-D	Anthoxanthum odoratum	kl	.	.	+	.	.	1	.	.	2a	1	2m	1	1	1	.	66	Gewoon reukgras
16-D	Festuca rubra	kl	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	520	Rood zwenkgras s.s.
16-D	Plantago lanceolata	kl	.	.	.	.	.	1	2a	.	1	2a	.	.	.	.	.	946	Smalle weegbree
16-K	Centaurea jacea	kl	.	.	.	.	.	2a	+	2b	+	2a	.	.	.	+	+	1766	Knoopkruid
16-K	Holcus lanatus	kl	2a	1	.	.	.	1	1	2a	2a	2b	1	1	2a	+	.	631	Gestreepte witbol
16-K	Prunella vulgaris	kl	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	.	.	.	1	1	1017	Gewone brunel
16-K	Ranunculus acris	kl	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	1040	Scherpe boterbloem
16-K	Rhytidiadelphus squarrosus	ml	.	.	.	.	.	2b	.	3	1	1	.	1	2a	.	.	2976	Gewoon haakmos
16-K	Rumex acetosa	kl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	1093	Veldzuring
16-K	Vicia cracca	kl	.	.	.	.	.	.	+	1	+	1	.	.	.	.	.	1369	Vogelwikke
B	Alnus glutinosa	kl	2a	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	36	Zwarte els
B	Betula pendula	kl	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	140	Ruwe berk
B	Quercus robur	kl	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1017	Zomereik
B	Rhamnus frangula	kl	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	530	Sporkehout
begPC	Carex echinata	kl	.	.	+	.	.	.	1	.	1	.	+	.	+	1	+	228	Sterzegge
begPC	Ranunculus flammula	kl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1048	Egelboterbloem
M	Aulacomnium palustre	ml	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	2a	.	.	2544	Roodviltmos
M	Bryum pseudotriquetrum	ml	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	.	2601	Veenbolmos
M	Chiloscyphus polyanthos	ml	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	.	3525	Lippenmos
M	Ciriphyllum piliferum	ml	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2651	Haarspitsmos
M	Dicranum bonjeanii	ml	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2671	Moerasgaffeltandmos
M	Dicranum scoparium	ml	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	2679	Gewoon gaffeltandmos
M	Drepanocladus polygamus	ml	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2628	Goudsikkelmos
M	Fissidens adianthoides	ml	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	2735	Groot vedermos
M	Plagiomnium affine	ml	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	3142	Rond boogsterrenmos
M	Polytrichum commune v. commune	ml	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	3149	Polytrichum commune Hedw. var. commune
M	Riccardia chamedryfolia	ml	.	.	.	.	.	.	2m	.	.	.	.	.	.	.	.	3455	Gewoon moerasverkje
M	Sphagnum denticulatum	ml	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	2996	Geoord veenmos
M	Sphagnum fallax	ml	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	3005	Fraai veenmos
M	Sphagnum palustre	ml	5	5	5	5	5	.	.	.	2b	.	5	4	3	.	.	3055	Gewoon veenmos
M	Sphagnum squarrosum	ml	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	.	.	.	.	.	.	3073	Haakveenmos
M	Sphagnum subnitens	ml	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	.	.	.	.	.	.	3024	Glanzend veenmos
M	Sphagnum totaal	ml	5	5	5	5	5	.	.	.	3-4	.	5	4	4-5	5	.		Veenmos totaal
M	Straminergon stramineum	ml	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	.	.	2m	.	2623	Slavtmos
R	Eupatorium cannabinum	kl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	490	Koningsnenkruid
R	Lycopus europaeus	kl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	780	Wolfspoot
R	Mentha aquatica	kl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	813	Watermunt
R	Mentha arvensis	kl	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	+	.	814	Akkermunt
R	Stachys palustris	kl	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1245	Moerasandoorn
R	Valeriana officinalis	kl	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	+	.	1333	Echte valeriaan
S	Rubus species	kl	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6452	Braam (G)
S	Salix cinerea	kl	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1119	Grauwe en Rossige wilg
	Aantal soorten		26	18	16	16	8	28	27	19	34	24	18	13	24	40	26		
	Dryopteris carthusiana	kl	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	426	Smalle stekelvaren
	Gridnr		02_02	02_05	02_11	02_14	02_18	03_03	03_05	03_12	03_25	03_31	04_02	04_05	04_07	04_13	04_21		

ONDERZOEKCENTRUM B ware

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

BODEMCHEMISCH ONDERZOEK REUTUM

- Definitief rapport -

Opdrachtgever: Staatsbosbeheer • Auteurs: 5.1.2e, 5.1.2e & 5.1.2e •
Projectnummer: PR-20.028 • Rapportnummer: RP-20.028.20.48 • Datum: 17-06-2020

BODEMCHEMISCH ONDERZOEK

REUTUM

Definitief rapport

5.1.2e
5.1.2e
5.1.2e

ONDERZOEKCENTRUM B ware

Titel rapport:
Bodemchemisch onderzoek Reutum, definitief rapport

Auteurs:
5.1.2e, 5.1.2e & 5.1.2e

Rapportnummer: RP-20.028.20.48

Opdrachtgever:
Staatsbosbeheer

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:
5.1.2e
Tel: 5.1.2e
5.1.2e@b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2020

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding 7

1.1 Aanleiding 7

1.2 Aanpak bodemchemisch onderzoek 7

1.3 Leeswijzer 8

2. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond 9

2.1 Belang fosfaatlimitatie 9

2.2 Fosfaatbeschikbaarheid 9

2.3 Verschralingsmaatregelen 10

2.4 Aanvullende (beheer)maatregelen 12

3. Materiaal en methoden 13

3.1 Veldwerkzaamheden 13

3.2 Chemische analyse 15

4. Resultaten bodemchemisch onderzoek 17

4.1 Inleiding 17

4.2 Bodemchemie 17

4.3 Kansen voor natuurontwikkeling 23

4.4 Aanvullende maatregelen 36

5. Conclusies en aanbevelingen 39

5.1 Belangrijkste conclusies 39

5.2 Aanbevelingen 41

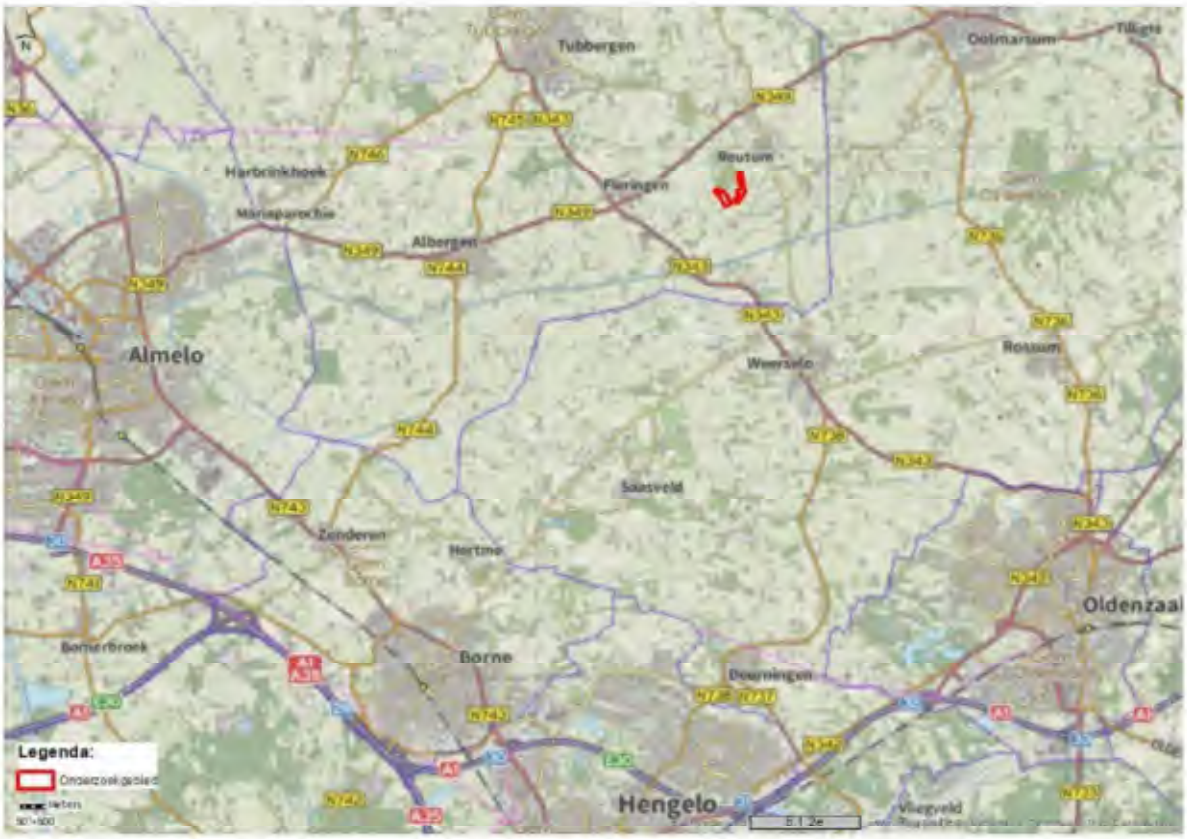
6. Literatuur 43

7. Bijlagen 45

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

Staatsbosbeheer heeft Onderzoekcentrum B-WARE gevraagd om een bodemchemisch onderzoek uit te voeren op enkele percelen in de omgeving van Reutum (Figuur 1). In het betreffende gebied heeft in het kader van het project Water Collectief Twente 2 (WCT) een kavelruil plaatsgevonden en zijn enkele voormalige landbouwgronden aan Staatsbosbeheer toegedeeld. Deze percelen dienen te worden omgevormd naar soortenrijkere natuurbeheertypen. In het gebied wordt ingezet op de ontwikkeling van vochtig hooiland (N10.02) in het oosten en hoog- en laagveenbos (N14.02) in het westen.



Figuur 1. Overzicht van de globale ligging van het onderzoeksgebied.

1.2 Aanpak bodemchemisch onderzoek

De fosfaatrijkdom van de bodem is bepaald aan de hand van een bodemchemisch onderzoek. Op 9 locaties in het onderzoeksgebied zijn daarvoor op verschillende diepten bodemmonsters verzameld.

Op basis van de onderzoeksresultaten is aangegeven op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor soortenrijke natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschralingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. Concreet worden de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

1. Wat is de bodemopbouw op de 9 boorlocaties (inclusief GLG/GHG)?
2. Wat zijn de P-concentraties in de toplaag en wat is de verschralingsduur voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur (hoog ambitieniveau) of bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland (lager ambitieniveau)?
3. Tot op welke diepte is de bodem verrijkt met fosfor, wat is de geadviseerde ontgrondingsdiepte voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur?
4. Zijn er mogelijkheden om natuur te ontwikkelen door middel van een beperkte ontgronding in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer?
5. Welke natuurpotenties zijn er op basis van de bodemchemie en grondwaterstanden (afgeleid uit het bodemprofiel)?
6. Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen?

Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de verschralingsmogelijkheden en natuurpotenties op basis van de bodemchemische omstandigheden en het bodemtype. Daarnaast zijn ook de grondwaterkwaliteit en (variatie in) grondwaterstanden van invloed op de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Deze (geo)hydrologische aspecten maken echter geen (of in onvoldoende mate) onderdeel uit van dit onderzoek. De resultaten uit dit onderzoek kunnen sterk bepalend zijn voor de keuzes die bij de gebiedsinrichting gemaakt worden. De keuze van de uiteindelijke inrichtingsmaatregelen is echter niet alleen afhankelijk van de kansrijkdom qua bodemchemie. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. Een ontgronding kan bijvoorbeeld een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

1.3 Leeswijzer

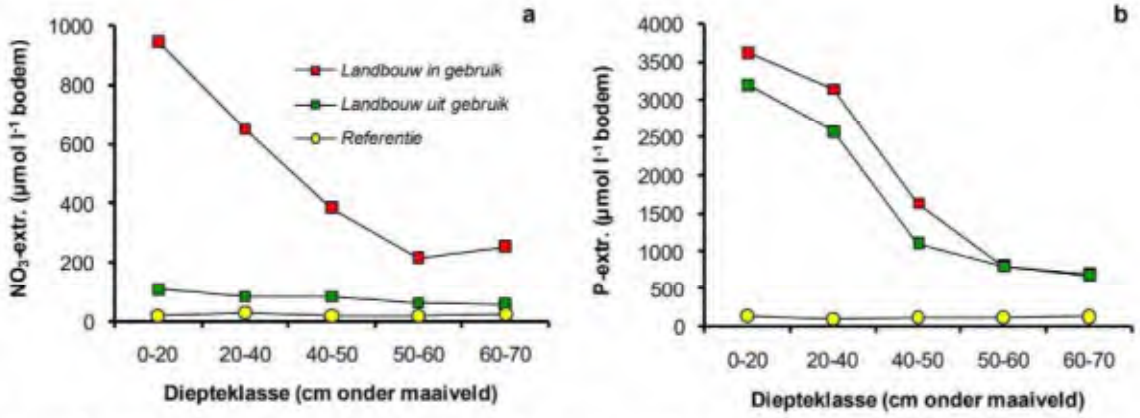
In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden en in hoofdstuk 3 worden de toegepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het bodemchemisch onderzoek gepresenteerd en de kansen voor de natuurontwikkeling plus de mogelijke (inrichtings)maatregelen die daarvoor nodig zijn. In hoofdstuk 5 worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen beschreven. Hoofdstuk 6 bevat een overzicht van de gebruikte literatuur, gevolgd door de bijlagen (bodemprofielbeschrijvingen) in hoofdstuk 7.

2. NATUURONTWIKKELING OP VOORMALIGE LANDBOUWGROND

2.1 Belang fosfaatlimitatie

De kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de beschikbaarheid van nutriënten als fosfor (P) en stikstof (N). Stikstoflimitatie is moeilijk te bereiken vanwege de hoge stikstofdepositie in Nederland en ook omdat onder relatief stikstofarme omstandigheden stikstofbindende soorten zich sterk uitbreiden. Het is daarom van belang om te sturen op fosforlimitatie.

Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Figuur 2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006). Fosfor daarentegen wordt sterk in de bodem gebonden en de fosforbeschikbaarheid neemt na beëindiging van het agrarische gebruik niet sterk af (Figuur 2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Het is daarom van belang om met maatregelen de beschikbaarheid van fosfor in de bodem te reduceren (zie paragraaf 2.3).



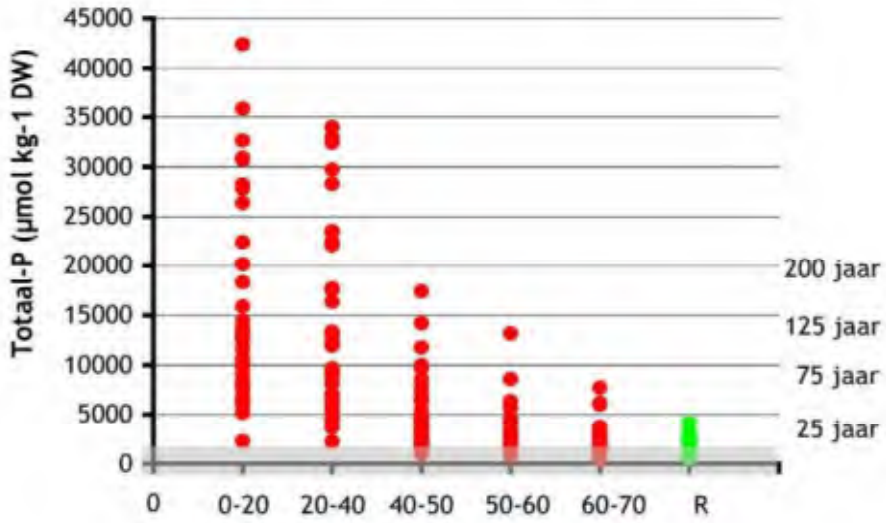
Figuur 2. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de bodem niet meer in landbouwkundig gebruik is doordat het uitspoelt naar het grondwater of wordt gedenitrificeerd. Het sterk in de bodem gebonden (immobiele) fosfaat verdwijnt echter niet op een natuurlijke wijze uit de bodem. Bron: Lamers e.a. (2009).

2.2 Fosfaatbeschikbaarheid

In tegenstelling tot stikstof neemt de fosforbeschikbaarheid niet door uitspoeling sterk af. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde uitgangssituatie te krijgen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd) (Figuur 2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag meestal onontkoombaar. Hierbij is het belangrijk om vast te stellen tot hoe diep ontgrond moet worden om een voldoende P-arme uitgangssituatie te creëren. Dit kan door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten (Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; van Mullekom e.a., 2013).

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders e.a., 2006). In de bodem zorgen

geoxideerde ijzerverbindingen (ijzer(hydr)oxiden; roest) in belangrijke mate voor de vastlegging van fosfaat. Onder natte condities kan er geen zuurstof meer in de bodem doordringen waardoor geoxideerde ijzerverbindingen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen.



Figuur 3. Totaal-P concentraties in verschillende voormalige landbouwgronden (rood) en referentiegebieden (R, groen). Op de X-as wordt de diepte in cm weergegeven waarop de monsters zijn genomen. Het grijze gebied geeft de streefwaarde van 2500 µmol totaal-P per kilogram droge bodem. Rechts wordt het aantal jaren gegeven dat nodig is om de totaal-P waarden te laten dalen tot deze referentiewaarde door middel van maaien en afvoeren, aannemende dat er 10 kg P per hectare per jaar kan worden afgevoerd. Bron: Smolders e.a. (2006).

2.3 Verschralingsmaatregelen

Verschraling (limitatie van voedingsstoffen) op voormalige landbouwgronden kan op verschillende manieren bereikt worden. De verschillende gangbare methoden worden in de volgende alinea's beknopt toegelicht en kunnen met elkaar gecombineerd worden:

Extensieve begrazing

Bij extensieve begrazing worden nutriënten opgenomen door grazers. Via mest en urine komen ze dan elders weer vrij. Probleem hiervan is echter dat dit vooral leidt tot herverdeling van nutriënten binnen het gebied en veel minder tot de afvoer van nutriënten. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*), niet of weinig gegeten, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009).

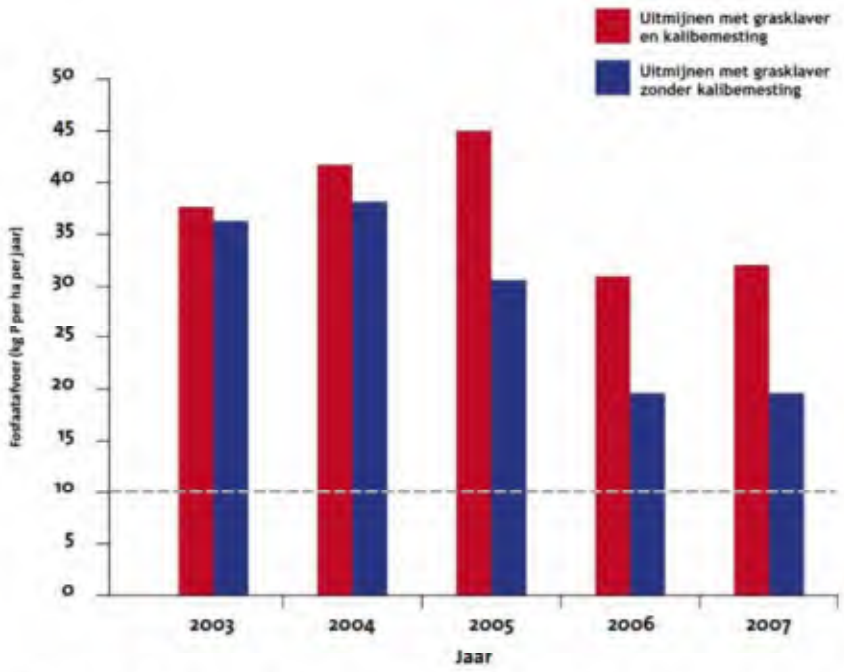
Intensief beheer met maaien en afvoeren

Intensief beheer in de vorm van maaien en afvoeren levert in veel gevallen voldoende resultaat op om de bestaande (gewenste) vegetaties in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal worden afgevoerd, waardoor ze uit het systeem worden onttrokken (Smolders e.a., 2006). Echter, bij landbouwgronden, die intensief zijn bemest, is deze vorm van beheer niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem snel te verlagen. Het kan vele jaren duren, bij sterk bemeste percelen vaak tot 200 jaar, voordat zoveel nutriënten zijn

verwijderd dat er sprake is van een voedselarme bodem (Figuur 3, Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005).

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschraling door middel van een gewas waarvan de productie op peil wordt gehouden door middel van aanvullende bemesting opdat de afvoeren van het doelnutriënt (fosfor) maximaal is. Door middel van het zaaien van grasklaver in combinatie met kalibemesting en een maaibeheer kan fosfaat versneld (40 kg P/ha/jaar: 4x sneller als met maaien en afvoeren) aan de bodem worden onttrokken (Timmermans & van Eekeren, 2012). Klaver houdt met haar stikstofbinding de productie gaande en kalibemesting wordt gebruikt om klaver optimaal te laten groeien. Ook met deze beheersmaatregel duurt het op voormalige landbouwgronden vaak tientallen jaren voordat het gewenste verschralingsniveau is bereikt (van Mullekom e.a., 2013). Het uitmijnen kan versneld worden door het verwijderen van de extreem voedselrijke toplaag.



Figuur 4. Fosfaatafvoer (in kg fosfor per ha per jaar) door uitmijnen met grasklaver (klaver voor het vastleggen van stikstof) en kalibemesting en met grasklaver zonder kalibemesting (start eind 2002). De fosfaatafvoer werd bereikt door het maken van vier tot vijf maaisneden per jaar. Na enkele jaren daalt de afvoer van fosfaat in het deel zonder aanvullende kalibemesting. Stikstof- en kalibronnen zijn nodig voor een hoge fosfaatafvoer. Op de lange termijn is de gemiddelde afvoer bij uitmijnen ongeveer 40 kg fosfor per ha per jaar. Dit komt overeen met circa 90 kg fosforpentoxide (P_2O_5) per ha per jaar. Met jaarlijks eenmalig maaien en afvoeren kan een fosfaatafvoer van ca. 10 kg P per ha per jaar worden bereikt (grijze stippellijn). Bron: Timmermans & van Eekeren (2012; 2016).

Ontgronden

Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (Smolders e.a., 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het fosfaatfront bepaald worden. Dit komt namelijk niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (Smolders e.a., 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem

60235 0024

terecht komen. Door middel van ontgronding kan een snelle verschraling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom e.a., 2007; 2013). Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven echter sterk verstoord (zie o.a. Tsiafouli e.a., 2015; Bobbink e.a., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig (zie paragraaf 2.4), zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgronding van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

2.4 Aanvullende (beheer)maatregelen

Na het verwijderen van de P-verrijkte toplaag is het vaak nodig om nog een aantal jaren aanvullend verschralingbeheer te plegen door middel van maaien en afvoeren. Begrazen houdt het terrein wel open maar leidt nauwelijks of niet tot een verdere verschraling van het terrein. Nadat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd is er vaak nog geen sprake van de gewenste vegetatieontwikkeling. Met name de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over. Door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat nitraat werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (van Mullekom e.a., 2009; 2013). Wanneer plagsel wordt gebruikt voor herintroductie worden tevens mycorrhiza's (schimmels die planten helpen bij de opname van voedingsstoffen op voedselarme gronden) van de doelsoorten en andere essentiële bodem micro-organismen in het gebied geïntroduceerd (Bobbink e.a., 2016). Zonder introductie van doelsoorten is de kans op vestiging van deze soorten te verwaarlozen indien er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska e.a., 2007).

Uiteraard is het voor het realiseren van een gewenst natuurdoeltype niet alleen van belang dat de bodemchemie geschikt is maar tevens dat de hydrologie van het systeem op orde is. Met name in grondwaterafhankelijke systemen (bijv. nat schraalland en dotterbloemhooiland) zullen veelal aanvullende hydrologische maatregelen nodig zijn. Deze maatregelen moeten vaak in de omgeving genomen worden omdat grondwaterafhankelijke systemen vaak gevoed worden door grondwater dat inzijgt op aanzienlijke afstand. Een bijkomend voordeel van verschralen via ontgronden is dat door verlaging van het maaiveld de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld stijgen, waardoor waarschijnlijk minder ingrijpende hydrologische maatregelen in de omgeving noodzakelijk zijn.

3. MATERIAAL EN METHODEN

3.1 Veldwerkzaamheden

Op 16 maart 2020 werden op 9 locaties ondiepe boringen (tot 150 cm onder maaiveld) gezet. De locaties zijn geselecteerd door de opdrachtgever. De boringen werden verricht met een Edelmanboor en de exacte boorlocaties werden ingemeten met een GPS (Tabel 1). Het bodemprofiel werd beschreven conform NEN 5104 door boormeester 5.1.2e van ATKB (zie Bijlage 1 voor de profielbeschrijvingen). Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en indien waarneembaar in het profiel ook de GHG en GLG (Tabel 1).

Tabel 1. Overzicht van de monsterdatum, XY-coördinaten, landgebruik (type: WE = weiland), actuele grondwaterstand (GWS; 16 maart 2020), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) per locatie. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 5 en Figuur 6.

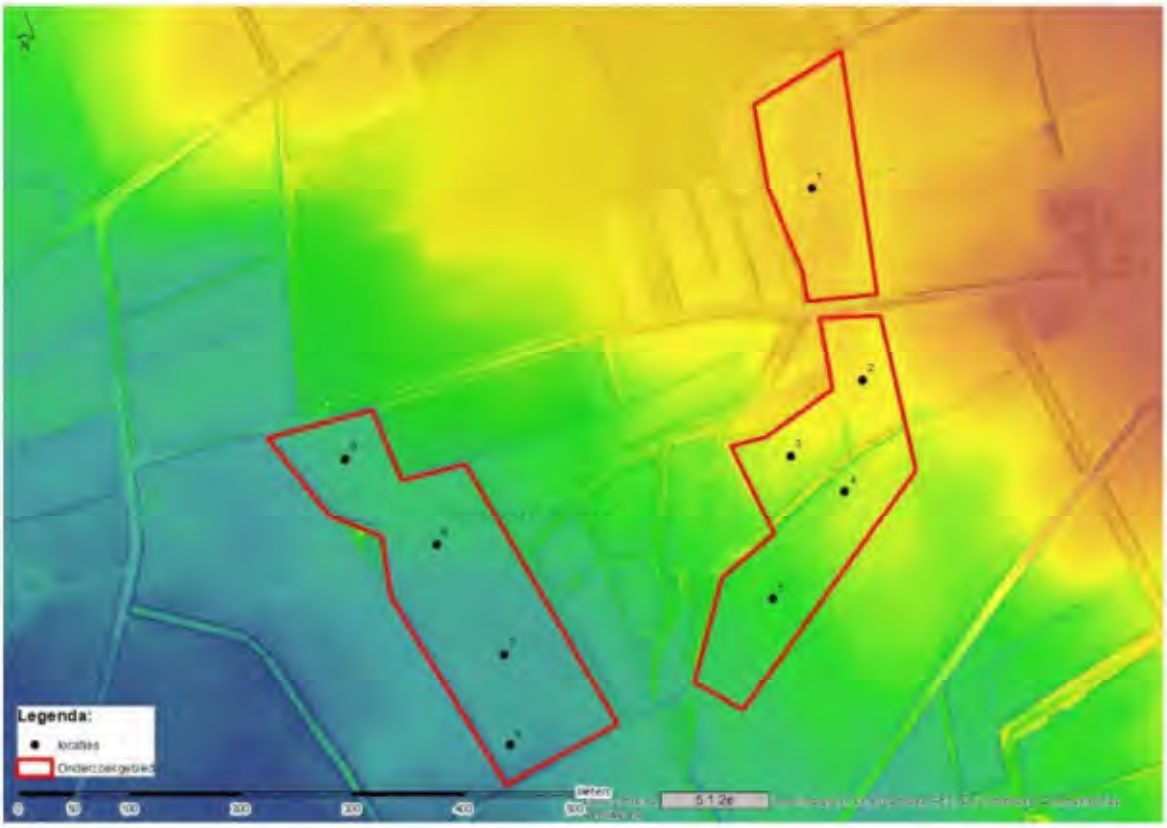
Locatie	Datum	X	Y	Gebruik	GWS	GLG	GHG
1	16-03-2020	253828	489412	WE	30	70	20
2	16-03-2020	253874	489240	WE	60	110	40
3	16-03-2020	253810	489171	WE	70	130	50
4	16-03-2020	253858	489140	WE	60	100	30
5	16-03-2020	253794	489044	WE	20	85	0
6	16-03-2020	253558	488912	WE	50	110	40
7	16-03-2020	253553	488993	WE	30	90	20
8	16-03-2020	253492	489092	WE	50	110	40
9	16-03-2020	253410	489169	WE	30	90	10

Op de 9 monsterlocaties werden op verschillende dieptes bodemmonsters verzameld. De globale strategie was:

- Toplaag (0-20 cm-mv);
- Restant bouwvoor;
- 0-10 cm onder de bouwvoor;
- 10-20 cm onder de bouwvoor.

Bij het veldwerk werd op een aantal locaties van deze bemonsteringsstrategie afgeweken op basis van het aangetroffen bodemprofiel (Bijlage 1). De bodemmonsters werden in afgesloten potten vervoerd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. In totaal werden 36 bodemmonsters verzameld en geanalyseerd. In paragraaf 3.2 worden de analysemethoden nader toegelicht.

Figuur 5. Overzicht van de ligging van de monsterlocaties in het rood omlijnende onderzoeksgebied op een topografische kaart.



Figuur 6. Overzicht van de ligging van de monsterlocaties in het rood omlijnende onderzoeksgebied op een hoogtekaart.

3.2 Chemische analyse

Voor de bodemmonsters zijn de volgende variabelen bepaald:

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid;
- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);

Voor een selectie van 21 bodemmonsters zijn de volgende variabelen bepaald:

- pH-zout, basenverzadiging en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. ammonium, nitraat, fosfor, kalium en calcium;

Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid

Het vochtpercentage van het verse bodemmateriaal werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 48 uur bij 60 °C. Omdat de bakjes precies tot aan de rand werden afgevuld (volume = 40 ml) konden later ook de concentraties worden omgerekend naar mol per liter bodemvolume. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550 °C. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Plantenbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen e.a.,1954) bepaald. Het principe van deze extractiemethode is dat natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) zorgt voor een daling van de concentratie opgeloste calciumionen via de vorming van onoplosbaar calciumcarbonaat ($CaCO_3$). Hierdoor stijgt de concentratie opgelost fosfaat. Natriumbicarbonaat brengt ook de labiele, voor planten snel beschikbare, proportie van de organische fractie in oplossing. Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4 °C bewaard tot verdere analyse. De Olsen-P concentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmateriaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2, 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milli Q water. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4 °C bewaard voor verdere analyse. Concentraties van elementen werden berekend in µmol per liter bodem.

Zoutextractie (NaCl-extractie)

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden ionen verdrongen door natrium en chloride. Met deze extractie kan onder andere de pH, ammonium- en nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden. Daarnaast kan op basis van de aluminium/calcium-ratio een goede inschatting gemaakt worden van de buffercapaciteit van de bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol l^{-1} natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 120 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het supernantant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. De elementenconcentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) in bodemextracten werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP; Thermo Electron Corporation, ICP-OES iCAP 6000). De concentraties nitraat (NO_3^-) en ammonium (NH_4^+) werden colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyzer III met behulp van respectievelijk salicylaatreagens en hydrazinesulfaat. Chloride (Cl^-) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Technicon auto-analyzer III systeem met behulp van resp. mercuritiocyanide, en ammoniummolybdaat en ascorbinezuur. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Technicon Flame Photometer IV Control.

4. RESULTATEN BODEMCHEMISCH ONDERZOEK

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodemchemisch onderzoek beschreven. In paragraaf 4.2 wordt de bodemchemie toegelicht. In paragraaf 4.3 worden de kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur besproken en welke maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. Tenslotte worden in paragraaf 4.4 enkele algemene aandachtpunten bij natuurontwikkeling gegeven.

Figuur 7. Impressie van het onderzoeksgebied bij Reutum op de monsterlocaties 3 (links) en 9 (rechts), Foto's: 5.1.2e

4.2 Bodemchemie

Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid voldoende laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P concentratie een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen worden de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (de totaal-P concentratie kan sterk variëren afhankelijk van de ijzer- en calciumconcentraties en/of de kleiigheid van de bodem):

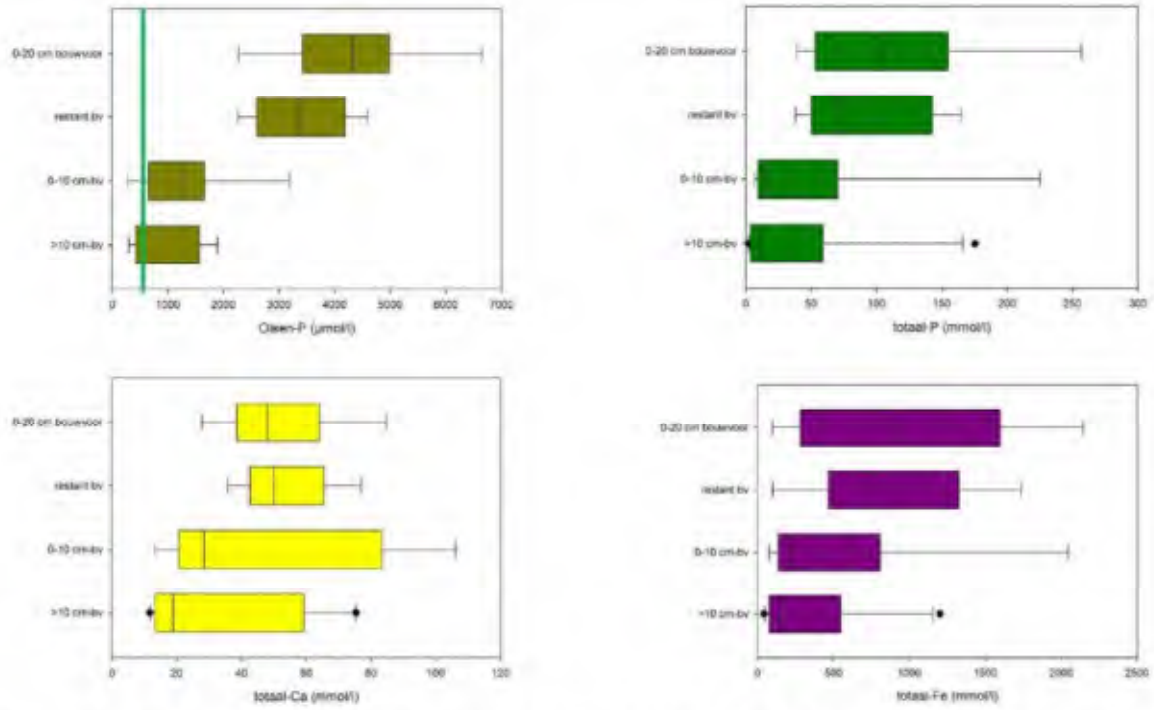
- Nat schraalland: (<)300-500 µmol/l bodem;
- Hoog- en laagveenbos, berkenbroek: 200-600 µmol/l bodem;
- Hoog- en laagveenbos, elzenbroek: (<)300-800 µmol/l bodem;
- Vochtig hooiland: 300-800/900 µmol/l bodem;
- Soortenrijk kruiden- en faunarijk grasland: 900-1200 µmol/l bodem;
- Kruiden- en faunarijk grasland: >1200 µmol/l bodem (P-z < 2 µmol/l en nitraat <100-200 µmol/l).

De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem weer waarvan een (groot) deel op termijn weer beschikbaar kan komen voor planten (zeker bij een verandering van de redoxtoestand van de bodem door het nemen van vernattingsmaatregelen). Vanwege het feit dat planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties in deze rapportage uitgedrukt per liter verse bodem.

Binnen het gebied werd op 9 locaties het bodemprofiel beschreven, de bodem bemonsterd op verschillende dieptes en werden de grondwaterstanden, indien mogelijk, afgeleid uit de morfologische kenmerken van het bodemprofiel.

De bodem in het gebied bestaat voornamelijk uit matig tot sterk siltig zand (zie profielbeschrijvingen in Bijlage 1). De bouwvoor is eveneens matig humeus. De dikte van de bouwvoor varieert van 20-35 cm. Op locatie 6, 7 en 8 is onder de bouwvoor sterk veraard bosveen aangetroffen (op locatie 7 en 8 is dik een dik pakket van 30-100/115 cm-mv), dit komt overeen met de bodemkaart (zie Figuur 8). De GHG, afgelezen uit het boorprofiel, varieert van 0 cm-mv tot 40 cm-mv. De GLG varieert van 85 cm-mv tot 130 cm-mv (zie Tabel 1). Van alle bodemmonsters is de bodemchemie bepaald, in Tabel 4 worden de bodemchemische resultaten weergegeven.

Figuur 8. Overzicht van de ligging van de monsterlocaties in het rood omlijnende onderzoeksgebied op een bodemkaart.



Figuur 9. Boxplots van de Olsen-P (inclusief streefconcentratie voor de ontwikkeling van schrale natuurtypen), totaal-P, -Ca en -Fe van de geanalyseerde bodems. In de boxplots is onderscheid gemaakt tussen de verschillende bodemlagen: 0-20 cm bouwvoor (n=9), restant bouwvoor (n=8), 0-10 cm onder de bouwvoor (n=9) en >10 cm onder de bouwvoor (n=9). De Whiskers (verticale lijnen) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De stippen geven de uitschieters weer.

De toplaag van de bouwvoor (0-20 cm) is sterk verrijkt met plantbeschikbaar fosfaat (2277-6649 µmol/l Olsen-P) en lokaal extreem rijk aan totaal-P (52,5-256,9 mmol/l bodem). Direct onder de bouwvoor is de bodem minder verrijkt met plantbeschikbaar fosfaat (283-3190 µmol/l Olsen-P) en totaal-P (6,6-225,3 mmol/l bodem; lokaal is de P-voorraad nog steeds hoog) (Figuur 9). Echter de Olsen-P concentratie onder de bouwvoor is gemiddeld nog steeds meer dan 800 µmol/l bodem (bovengrens voor vochtig hooiland). Dit kan erop duiden dat er P-uitspoeling naar de diepere bodemlagen heeft plaatsgevonden op diverse locaties, maar het kan ook een vertekend beeld geven. Hier komen we later op terug. De fosfaatconcentraties in de bodem nemen verder af in diepte waardoor de bodems >10 cm onder de bouwvoor, uitgezonderd locatie 1, 5 en 8, voldoende voedselarm zijn voor de ontwikkeling van soortenrijke, P-gelimiteerde natuur.

De bodem in het gebied zwak tot sterk calciumhoudend en ijzerhoudend tot extreem ijzerrijk. In zowel de ijzer- als calciumconcentraties is dezelfde trend te zien: de bouwvoor bevat over het algemeen veel calcium en ijzer en onder de bouwvoor is de bodem minder rijk aan deze stoffen (Figuur 9 en Figuur 10). Dit verschil is vooral goed te zien voor ijzer, uitzondering hierop zijn locatie 7-9 (zie Tabel 4). De bodem is in de bouwvoor matig tot sterk calciumhoudend (28-77 mmol/l Ca-t, 13.400-22.800 µmol/l Ca-z) en onder de bouwvoor zwak tot zwak-matig calcium (8-103 mmol/l Ca-t, 5.600-20.400 µmol/l Ca-z). Locatie 7 en 8 zijn hierop een uitzondering, op deze locaties is de gehele bemonsterde bodem sterk calciumhoudend. De ruimtelijke variatie van de calciumconcentraties in de bouwvoor en onder de bouwvoor worden in Figuur 10 weergegeven. De lager gelegen bodems in het zuidwesten (6-8) zijn over het algemeen meer gebufferd. In het oosten neemt de buffering van de bodem toe in noordelijke richting.

Figuur 10. Weergave van de totaal-calcium concentraties in de bouwvoor (boven) en onder de bouwvoor (onder) per locatie op een topografische kaart.

Figuur 11. IJzerrijke sloten in het onderzoeksgebied. Het is de vraag of dit ijzer is wat uit de bodem (afzettingen van ijzerrijke kwel) is opgelost en of het huidige grondwater nog steeds ijzerrijk is.

In het gebied is sprake van extreem ijzerrijke bodems. Op de locaties 2 t/m 8 zijn concentraties >1000 mmol/l gemeten. Dit is het resultaten van natte omstandigheden en ijzerrijke kwel in het verleden. Als gevolg van grondwaterinvloed in het maaiveld en beperkte droogval in de zomer heeft ijzerophoping in de toplaag plaatsgevonden. Doordat het ijzerrijke grondwater ook fosfor bevat is met het ijzer ook P afgezet in de bodem (Figuur 12, linksonder). De Fe/P ratio is deze ijzerrijke bodemlagen is gemiddeld 10 wat wil zeggen dat er 10 keer zoveel ijzer als fosfor in de bodem zit. Doordat de ijzerconcentraties lokaal extreem hoog zijn is de totaal-P concentratie in de bodem ook zeer hoog (40-250 mmol/l).

In het gebied liggen dan ook enkele zeer ijzerrijke sloten (Figuur 11). Overigens hoeft de ijzerrijkdom in de sloten niet per se te wijzen op actuele ijzerrijke kwel. Onder vochtige tot natte omstandigheden treden (bij de aanwezigheid van organische stof) reductieprocessen op waardoor ijzer uit de bodem in oplossing komt. Zodra hier zuurstof bij komt in het oppervlaktewater gaat dit oxideren ('roestvorming') en slaat dit neer. De grondwaterkwaliteit is niet gemeten in dit onderzoek. We weten niet of het huidige grondwater ijzerrijk is. Volgens de opdrachtgever is er sprake van sterke kwel gezien de geologische opbouw en het feit dat er vrijwel het gehele jaar grondwater wordt afgevoerd. Het gebied ligt aan de rand van de slenk van Reutum waardoor abrupt een sterke vernauwing van het watervoerend pakket plaatsvindt. Op plekken waar de slenk niet is afgedekt met keileem kan kwel hier aan maaiveld uittreden. Peilbuizen laten overal een sterke overdruk zien waarbij dus alleen op plekken met weinig weerstand (en dat is in het westen en zuiden van het gebied het geval) sterke toestroom van kwelwater plaatsvindt. Dat kwelwater zal gezien de geologische opbouw zeker grote hoeveelheden ijzer bevatten. Of dat actueel nog in maaiveld kan komen is twijfelachtig gezien de diepte van de sloten.

Een geschikte parameter voor de weergave van de voor planten beschikbare P concentratie is Olsen-P. Deze wordt bepaald door middel van een bodemextractie met een bicarbonaatoplossing. Het is echter de vraag of deze extractiemethode een juiste weergave geeft van de voor planten beschikbare fosfaatconcentratie onder zeer/extreem ijzerrijke omstandigheden. Wanneer een kleine fractie van het aan ijzer gebonden totaal-P wordt gemobiliseerd resulteert dit, als gevolg van een zeer hoge totaal-P concentratie, meteen in een hoge Olsen-P concentratie. Het is daarom ook goed om naar de labiel-P concentraties (P-NaCl: in de tabel weergeven als P-z) te kijken. Hoge Olsen-P concentraties (>2500 µmol/l) gaan over het algemeen ook samen met hogere labiel-P concentratie. Dit is hier niet (altijd) het geval (de P-z concentraties zijn relatief laag: < 5 µmol/l) wat erop kan duiden dat de P-beschikbaarheid in de praktijk lager is onder zeer/extreem rijke omstandigheden. Dit kan mogelijk ook verklaren waarom er al verandering in de soortensamenstelling plaats heeft gevonden nadat slechts een half jaar (zuidkant) of 3 jaar (westzijde) geleden gestopt is met de bemesting. Op de locatie 2, 6, 8 en 9 zijn hogere P-z concentraties in de toplaag gemeten (13-28 µmol/l).

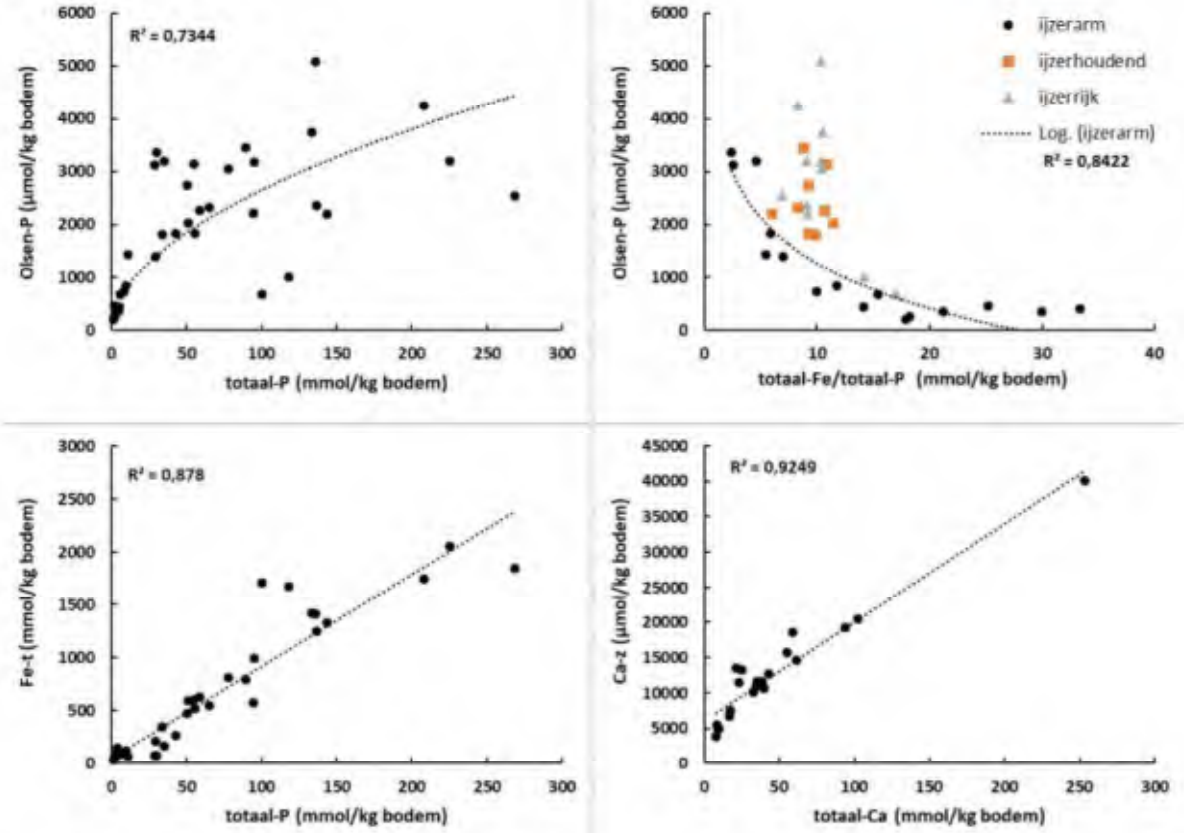
De P-concentratie in het poriewater is over het algemeen een goede maat voor de P-beschikbaarheid in dergelijke ijzerrijke bodems. Dit komt het dichtst in de buurt van de P-z concentratie. Bij de adviezen per punt zullen we de kansen en risico's nader benoemen en komen tevens opties voor aanvullend onderzoek aan bod.

Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur is het niet alleen van belang dat de fosfaatconcentraties laag genoeg zijn, maar ook de concentratie stikstof mag niet te hoog zijn. De bodem is overwegend zeer beperkt tot matig verrijkt met nitraat (gemiddeld 162 µmol/l bodem). De hoogste nitraatconcentraties is aangetroffen op locatie 4 (588 µmol/l) in de toplaag. Dit is redelijk logisch aangezien dit perceel nog in de eerste helft van vorig jaar (2019) is bemest. De relatief lage, licht verhoogde nitraatconcentraties komen overeen met de relatief lage labiel-P concentraties. De nitraatconcentraties onder de bouwvoor zijn lager dan in de bouwvoor. De hogere stikstofconcentraties zijn waarschijnlijk nog het gevolg van bemesting van de afgelopen jaren.

Hoge stikstofconcentraties zijn vaak een minder groot probleem voor de beoogde natuurontwikkeling dan fosfaat. Nitraat is, in tegenstelling tot fosfaat, relatief mobiel en zal als gevolg van uitspoeling en nitrificatie- en denitrificatieprocessen op een natuurlijke manier uit het systeem verdwijnen (zie ook Figuur 2). In percelen die langer uit landbouwkundig gebruik zijn en verschraald worden zijn de nitraat- en P-zout concentraties vaak lager in vergelijking met percelen die in landbouwkundig gebruik zijn. De uitspoeling van nitraat naar het grondwater kan

wel een effect hebben op de ijzerconcentratie van het grondwater. Nitraatrijk grondwater bevat over het algemeen namelijk nauwelijks ijzer doordat opgelost ijzer wordt geoxideerd door nitraat en neerslaat in de bodem. IJzerrijk grondwater is juist positief voor de ontwikkeling van natte natuurtypen omdat dit fosfaat kan immobiliseren. Daarnaast kan nitraatuitspoeling leiden tot sulfaatmobilisatie als gevolg van de oxidatie van pyriethoudende (FeS_x) bodemlagen.

Bodemcorrelaties



Figuur 12. Correlaties tussen enkele relevante bodemchemische variabelen in Reutum. Linksboven zijn de variabelen gecategoriseerd op basis van de totaal-ijzerconcentratie (ijzerarm: <250 mmol/l, ijzerhoudend: 251-800 mmol/l en ijzerrijk: >800 mmol/l).

Een lage fosfaatbeschikbaarheid biedt, zoals beschreven in hoofdstuk 2, goede kansen voor de ontwikkeling van (natte) voedselarme natuur. De Olsen-P concentratie (fosfaatbeschikbaarheid) correleert matig goed met de totaal-P concentratie in de bodem (Figuur 12, linksboven). De spreiding is redelijk groot. Dit kan duiden op variatie in bodemtype, grondgebruik (verschillende bemestingsgeschiedenis) en P-beschikbaarheid (bodemchemie). De Olsen-P concentratie wordt namelijk niet alleen bepaald door de totaal-P concentratie maar wordt ook beïnvloed door de Ca-, Fe- en Al-concentraties (P-binders).

Fosfor wordt in bodems zeer effectief geïmmobiliseerd door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $Fe_3(PO_4)_2$ (onder anaerobe condities) en $FePO_4$ onder aerobe condities. Naast ijzer zorgt ook calcium voor fosfaatbinding in de bodem. Dit calcium gebonden-P is meestal slecht oplosbaar en komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook kleideeltjes (de totaal-aluminium concentratie is indicatief voor het lutumpercentage) zijn een sterke P-binder. Op plaatsen waar de bodem rijk is aan ijzer,

aluminium en calcium ten opzichte van totaal-P blijft de P-beschikbaarheid voor planten (Olsen-P) doorgaans laag. De totaal-P concentraties kunnen dan ook relatief hoog zijn op ijzer- en calciumrijke (klei)bodems, terwijl de beschikbaarheid van fosfaat (relatief) beperkt blijft. In het gebied bij Reutum zijn zeer hoge ijzerconcentraties waargenomen waardoor ook hoge fosfaatconcentraties in de bodem aanwezig zijn (Figuur 12, linksonder). Door de zeer hoge ijzerconcentraties, en daardoor ook hoge totaal-P concentraties in het gebied, is de relatie tussen de Olsen-P concentratie met de ratio totaal-Fe/totaal-P minder duidelijk voor ijzerhoudende en ijzerrijke bodems. Alleen in ijzerarmere bodems (<250 mmol/l) is deze relatie nog zichtbaar (Figuur 12, rechtsboven).

In niet tot zwak gebufferde bodems kan de bodem in de aluminiumbufferrange (pH_w < 4,5) komen. De basische kationen worden dan vervangen door zuurionen of aluminium (H^+ en Al^{3+}); de concentratie zuurionen in het bodemvocht neemt dan toe en de pH zal dalen. Indien het bodemadsorptiecomplex volledig is opgeladen met basische kationen (Ca^{2+}, Mg^{2+} en K^+) is de basenverzadiging 100%. In het onderzoeksgebied is de gemiddelde pH-z 5,4 en de gemiddelde indicatieve basenverzadiging 98,1%: het bodemadsorptiecomplex is vrijwel geheel opgeladen met basische kationen.

Voor de mate van buffering is de concentratie zoutuitwisselbaar calcium zeer indicatief. In het gebied correleert de hoeveelheid zoutuitwisselbaar calcium goed met de totaal-calcium concentraties (Figuur 12, rechtsonder). De concentratie totaal-Ca kan in dit gebied dus ook, net als de concentratie Ca-z, worden gebruikt als een indicatieve parameter voor het vaststellen van de mate van buffering van een bodem. Deze parameters zijn in grote mate bepalend voor de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Vanwege de sterke correlatie tussen Ca-z en totaal-Ca (r=0,9796) is met behulp van de bijbehorende formule (Ca-z=140,01*Ca-t+6066,5) de Ca-z concentratie van de bodems, waarbij geen zoutextractie is uitgevoerd, berekend. De berekende (indicatieve) concentraties zijn grijs en cursief weergegeven in Tabel 4.

De gemeten Ca-z concentratie is op de locaties gemiddeld 13.944 µmol/l bodem en de totaal-Ca concentraties is gemiddeld 46 mmol/l. Deze mate van buffering past, onder de juiste hydrologische (en P-arme) omstandigheden, bij de ontwikkeling van een blauwgrasland/ vochtig hooiland of elzenbroekbos (paragraaf 4.4). Bij een lagere buffering kan een heischraal grasland of berkenbroekbos tot ontwikkeling komen.

4.3 Kansen voor natuurontwikkeling

Doel van het huidige onderzoek is om de kansen voor de ontwikkeling van een aantal agrarische percelen te bepalen. De kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de Olsen-P en totaal-P concentraties in de bodem (zie Hoofdstuk 2 en paragraaf 4.2). In deze paragraaf worden per monsterlocatie de belangrijkste bodemchemische variabelen kort toegelicht. Het bodemtype en de totale ijzer- en calciumconcentraties van de bodem zijn vooral relevant met het oog op de potentiële natuurbeheer-/habitattypen. Bodems met een totaal-Ca concentratie van >20 mmol/l en een Ca-z concentratie van meer dan 4.000-5.000 µmol/l zijn over het algemeen voldoende gebufferd voor (matig) gebufferde natuurtypen (Tabel 2). Op calciumarme bodems ligt de ontwikkeling van heide voor de hand (zeer indicatief: Ca-t < 10 mmol/l en Ca-z < 3.000/4.000 µmol/l). Op zwak-calciumhoudende bodems (Ca-tot >10 mmol/l en Ca-z 3.000/4.000-8.000 µmol/l ligt de ontwikkeling van een heischraal grasland (of kleine zeggenvegetaties) voor de hand mits er voldoende aanrijking met basen plaatsvindt via capillaire opstijging.

60235 0024

Tabel 2. Overzicht van de verschillende bufferranges (11 categorieën) en fosfaatconcentraties (tussen haakjes de uitloop als een suboptimale concentratie) waarbij diverse natuurbeheertypen voorkomen (INDICATIEF). Voor dotterbloemhooilanden en elzenbroekbossen zijn hoge ijzerconcentraties vereist. Van blauwgrasland tot elzenbroekbos kunnen de totaal-P concentraties relatief hoog zijn als gevolg van ijzer- en/of calciumrijke omstandigheden. De fosfaatbeschikbaarheid voor planten (Olsen-P) is echter relatief beperkt. Het bekalkingsadvies is weergegeven in kg dolokal per hectare en dient ter voorkoming van verzuring en ter bevordering van de soortenrijkdom. Tevens wordt hiermee ammoniumophoping/-toxiciteit voorkomen (nitrificatie wordt geremd onder zure omstandigheden). Naast de mate van buffering zijn de hydrologische omstandigheden essentieel voor de ontwikkeling van de natuurbeheertypen (niet in deze tabel). Het herstellen van de grondwaterinvloed kan bijdragen aan het opladen van het kationuitwisselingscomplex en daarmee het herstel van de buffercapaciteit. Het betreft een indicatieve tabel op basis van expert judgement en referentiemetingen. Bron: van Mullekom & Smolders (2012)

						N07.01	N11.01				N14.02			
					Codes natuurbeheertypen	N06.04	N06.04	N10.01	N10.01	N10.02	N14.01			
											N10.02			
					Olsen-P (µmol/l)	< 500 (800)	< 300 (600)	< 500 (700)	< 500 (700)	< 600 (900)	< 800 (1000)			
					Totaal-P (mmol/l)	< 2,5 (6)	< 3 (7)	< 6 (10)	< 10 (20)	< 15 (35)	< 20 (50)			
Categorie	Ca-NaCl (µmol/l)		Totaal calcium (mmol/l)		Basenverzadiging	Droge heide Natte heide	Droog heischraal grasland Vochtig heischraal grasland	Kleine zeggen vegetatie	Blauwgrasland	Veldrusschraalland	Dotterbloemhooiland & Elzenbroek-bossen	Bekalkingsadvies (kg/ha) voor tegengaan verzuring, ammoniumophoping en/of vergroten soortenrijkdom	Risico ammoniumtoxiciteit zonder bekalking	
1	<500	en/of	<10	en/of	<30%							2500	+	
2	500-1000	en/of	10-15	en/of	30-70%							2000	+	
3	1000-2000	en	15-20	en	>70%							2000	+	
4	>2000	en	15-20	en	>70%							2000	+/-	
5	2000-4000	en	20-30	en	>70%							1000	+/-	
6	>4000	en	20-30	en	>70%							0	-	
7	8000-14000	en	30-60	en	>90%							0	-	
8	>14000	en	30-60	en	>90%							0	-	
9	>14000	en	60-100	en	>90%							0	-	
10	20000-30000	en/of	>100	en	>90%							0	-	
11	>30000	en/of	>100	en	>90%							0	-	
						soortenarm		normaal		soortenrijk				

Op zwak gebufferde tot zure bodems kan tevens berkenbroekbos tot ontwikkeling komen. Op de meer gebufferde bodems (Ca-z: 8.000-30.000 µmol/l) kan onder de juiste hydrologische omstandigheden (essentieel!) een blauwgrasland of veldrusschraalland tot ontwikkeling komen. Op sterk gebufferde bodems (Ca-z: > 20.000-50.000 µmol/l en/of hoge totaal-Ca concentraties) kan onder vochtige tot natte omstandigheden een dotterbloemhooiland (of Elzenbroekbos) tot ontwikkeling komen (onder droge omstandigheden een kamgrasweide/glanshaverhooiland).

Bij zeer hoge ijzerconcentraties kan de vegetatieontwikkeling deels gestuurd worden door ijzertoxiciteit. Hierdoor wordt de groei van een aantal hoog competitieve soorten, zoals liesgras, onderdrukt en kunnen planten als elzenzegge, holpijp en dotterbloem tot ontwikkeling komen.

Natuurbeheertypen

Welke natte natuurbeheertypen zich daadwerkelijk in het gebied kunnen ontwikkelen is onder andere afhankelijk van de voedselrijkdom van de bodem, de mate van buffering van de bodem en de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater. In het gebied wordt gedacht aan de ontwikkeling van vochtig hooiland en hoog- en laagveenbos. De grondwaterstanden in het gebied

60235 0024

zijn aan de vochtige kant waardoor vochtige natuurtypen in principe mogelijk zijn (wellicht in combinatie met aanvullende hydrologische maatregelen en maaiveldverlaging). De GHG, afgelezen uit het boorprofiel, varieert van 0 cm-mv tot 40 cm-mv. De GLG varieert van 85 cm-mv tot 130 cm-mv (zie Tabel 1). Deze standen zijn nog te laag voor de gewenste ontwikkeling, om deze ontwikkelingen mogelijk te maken zullen hydrologische maatregelen getroffen moeten worden (zie Tabel 3).

Tabel 3. Gemiddelde hoogste (GHG) en laagste (GLG) grondwaterstand, pH-H_2O en fosfaatconcentraties in de bodem van enkele natte (grondwaterafhankelijke) natuurbeheertypen (optimumranges). Droge natuurbeheertypen, zoals droge heide en droog heischraal grasland, zijn niet afhankelijk van grondwaterinvloed. Bronnen: Ertsen e.a. (2005); Onderzoekcentrum B-WARE, niet gepubliceerde data; De Becker (2004). Onder zeer ijzerrijke omstandigheden kunnen bij een optimale ontwikkeling ook hogere fosforconcentraties voorkomen (aangegeven tussen haakjes).

Natuurbeheertype	Specificatie	GHG (cm)	GLG (cm)	pH-H2O	Olsen-P (umol/l FW)	totaal-P (mmol/l FW)
Hoogveen		10 + mv	5 -mv	3.5-5	100-300	0.5-2.5
Vochtige heide		10+ tot 20- mv	20- tot 50- mv	3.5-5	100-500	0.5-2.5
Schraalgrasland	Nat heischraal grasland	0 tot 40- mv	40- tot 120 - mv	4.5-6	150-400	1-3
	Kleine zeggenmoeras (Verbond van Zwarte zegge)	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	4.5-6.5	100-500	1-6
	Blauwgrasland	0 tot 25- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	200-500	2-10 (tot 20)
Vochtig hooiland	Dotterbloemhooiland / Veldrusschraalland	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
Moeras	Grote zeggenmoeras	20+ tot 0 mv	10+ tot 50- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
	Rietmoeras	20+ tot 0 mv	10+ tot 40- mv	>5	-	-
Hoog- en laagveenbos	Berkenbroekbos	10+ tot 0 mv	40- tot 80- mv	<5	200-600	1-5
	Elzenbroekbos	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	300-800 (tot 1200)	5-20 (tot 50)

Hiernaast is het voor de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuurtypen als natte schraallanden en elzenbroekbossen vereist dat het grondwater gedurende een langere periode (circa oktober t/m april) in het maaiveld uittreedt en door kan stromen met droogval van de toplaag in de zomerperiode (KADER 1). Door de aanrijking met basen wordt (verdere) verzuring van de toplaag tegen gegaan. Volgens de opdrachtgever is in het winterhalfjaar sprake van een overdruk waardoor er in de huidige kern van het natuurgebied afvoer van het kwelwater over maaiveld plaatsvindt. Voor heischrale graslanden is het voldoende als zwak-matig gebufferd grondwater nabij maaiveld staat zodat buffering kan plaatsvinden door capillaire opstijging. Door te zorgen voor voldoende afvoer van regenwater middels ondiepe, reguleerbare greppels of via laagtes in het landschap (mits deze laagte hydrologisch optimaal functioneert) wordt voorkomen dat het grondwater lokaal wordt verdund of 'weggedrukt' door regenwater.

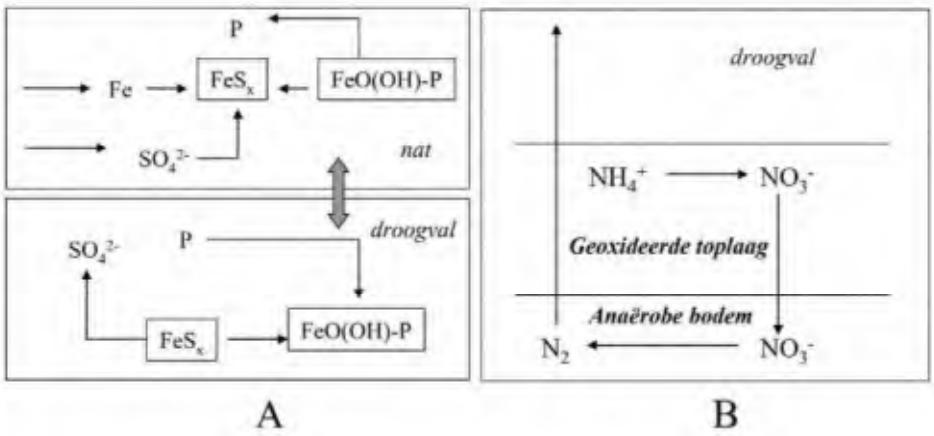
KADER 1. DOORSTROMING EN PEILFLUCTUATIE

Onder permanent natte (reductieve) omstandigheden kan extra P-mobilisatie optreden (interne eutrofiering). IJzerreducerende bacteriën gebruiken onder anaërobe omstandigheden de in de bodem aanwezige ijzer(hydr)oxides om organische stof af te breken. Hierbij wordt ijzer gereduceerd tot Fe^{2+}, waaraan fosfaat minder sterk bindt dan aan de geoxideerde vorm. Hoeveel fosfaat er hierbij vrijkomt, hangt af van de periode en tijdsduur van de inundatie en van de verhouding tussen het aan ijzergebonden fosfaat en het ijzer in het system.

Onder anaërobe omstandigheden wordt sulfaat omgezet in sulfide (rotte-eierengeur). Sulfide is toxisch, maar wordt onder ijzerrijke omstandigheden gebonden aan ijzer (pyrietvorming). Het sulfide is dan niet meer giftig. Dit proces kan echter wel leiden tot het vrijkomen van extra fosfaat, omdat sulfide fosfaat van het ijzer kan verdringen, als er geen overmaat van ijzer in de bodem aanwezig is. Daarnaast kan ammonium zich in stagnante situaties in de bodem ophopen, omdat het onder anaërobe omstandigheden niet omgezet kan worden in nitraat.

Als het grondwater niet wordt opgestuwd/vastgehouden maar kan doorstromen, kan een teveel aan ammonium worden afgevoerd, doordat basen (Ca en Mg) ammonium van het bindingscomplex verdringen. Ook kan er met het grondwater ijzer aangevoerd worden, wat een positief effect heeft op de binding van fosfaat. Als er veel nitraat wordt meegevoerd met het grondwater, uit bijvoorbeeld landbouwpercelen in het gebied, kan dit ervoor zorgen dat ijzer- en sulfaatreductie niet meer op kunnen treden, omdat nitraat als een redoxbuffer werkt. Pyriet wordt door nitraat geoxideerd, waarbij verzuring optreedt en sulfaat vrijkomt.

Periodieke droogval in de zomermaanden kan zorgen voor een lagere beschikbaarheid van nutriënten. Droogval in de zomer is tevens belangrijk omdat het vrijkomen van fosfaat onder natte omstandigheden sneller gaat bij hoge (zomer)temperaturen dan bij lagere (winter)temperaturen. Afhankelijk van de ijzer- en fosfaatconcentratie in de bodem kan enkele weken droogval per jaar al genoeg zijn om ervoor te zorgen dat er niet te veel fosfaat vrijkomt.



Schematisch overzicht van de biogeochemische processen die optreden wanneer sprake is van doorstroming gevolgd door tijdelijke droogval (Smolders et al., 2009).

Verschralingsduur

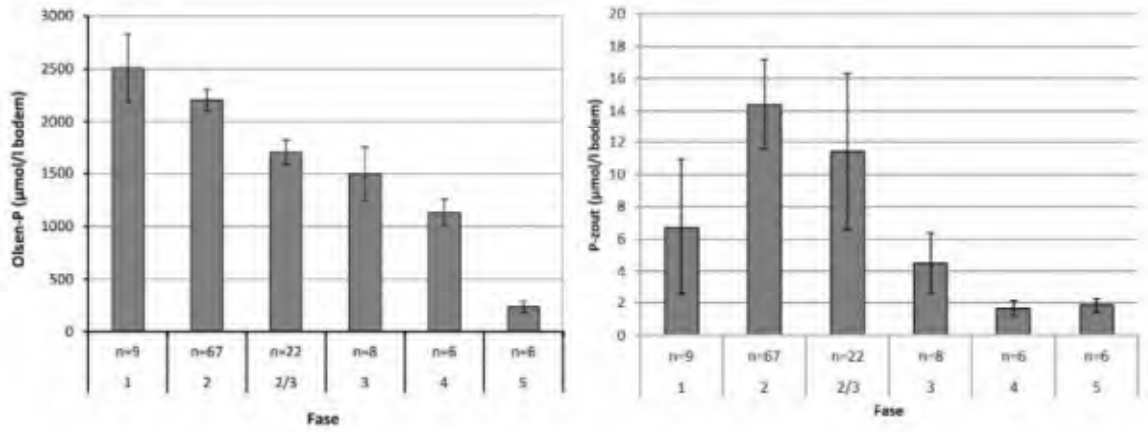
Uit het bodemchemisch onderzoek blijkt dat de bodem, voornamelijk de bouwvoor, in het onderzoeksgebied als gevolg van het landbouwkundig gebruik verrijkt is met fosfaat. Om soortenrijke natuurtypen tot ontwikkeling te kunnen laten komen, is een verschralingsbeheer noodzakelijk om de fosfaatbeschikbaarheid te reduceren. Verschraling kan plaatsvinden door maaien en afvoeren, uitmijnen of het verwijderen van de fosfaatrijke toplaag. Om te kunnen bepalen of verschraling via maaien en afvoeren of uitmijnen binnen een redelijke termijn te realiseren is, kan op basis van de Olsen-P en totaal-P concentratie een indicatieve verschralingsduur berekend worden.

De verschralingsduur voor maaien en afvoeren is berekend op basis van het verschil tussen de actuele totaal-P concentratie en de totaal-P streefconcentratie, uitgaande van een P-afvoer van 10 kg hectare per jaar (Chardon, 2008). De streefconcentratie voor totaal-P is hierbij niet op een standaard waarde vastgesteld, maar berekend aan de hand van de streefwaarde voor Olsen-P en de actuele beschikbare P-fractie (Olsen-P/totaal-P-ratio). Stel dat de actuele P-fractie 0,1 is (10% van het totaal-P is beschikbaar P), dan is bij een streefwaarde van 500 µmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ((0,5/10) x 100). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem de actuele P-fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ((0,5/5) x 100). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschralingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschralingsduur 10-20% lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschraling in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschralingsduur eerder hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschralingsduur. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 3 mmol/l door de hoge hoeveelheid ijzer in de bodem. Voor uitmijnen kan de verschralingsduur op dezelfde wijze berekend worden, maar dan wordt uitgegaan van een P-afvoer van 40 kg hectare per jaar. Deze afvoer kan gehaald worden met uitmijnen met grasklaver in combinatie met kalibemesting of een productieve graszode in combinatie met stikstof- en kalimesting, maar de daadwerkelijke onttrekking is afhankelijk van de omstandigheden (o.a. effectiviteit en hydrologie).

N.B.: Als gevolg van de extreem ijzerrijke omstandigheden en de daarmee gepaard gaande hoge totaal-P concentraties geven de berekende verschralingsduren geen goed beeld van de vereiste verschralingsduur van ijzerrijke (>±300 mmol/l) bodems niet goed de vereiste verschralingsduur weer. Zie ook paragraaf 4.2. Voor de overige bodems geeft dit wel een juiste indicatie.

Voor een praktisch uitmijnadvies zijn aanvullende, meer landbouw georiënteerde, analyses vereist. In samenwerking met het Louis Bolk Instituut kan een advies worden opgesteld.

In Tabel 4 wordt de berekende verschralingsduur via maaien en afvoeren voor iedere locatie en diepte gegeven. De verschralingsduur via maaien en afvoeren is 4 keer zo lang als de duur via uitmijnen. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld.



Figuur 13. Olsen-P (links) en P-z (rechts) concentratie in µmol/l bodem van graslandpercelen in Overijssel ingedeeld per graslandfase naar Schippers e.a. (2012). Verklaring graslandfasen (van voedselrijk naar schraal): fase 1 = raaigraslanden, fase 2 = witbolgraslanden, fase 3 = gras-kruidenmix, fase 4 = kruidenrijk grasland en fase 5 = heischraal grasland. Bron: Scherpenisse e.a. (2016).

Wanneer voedselrijke bodems worden vernat is de kans op P-mobilisatie en de daarmee gepaard gaande verruiging in de vorm van pitrusontwikkeling groot (zeer/extreem ijzerrijke bodems vormen mogelijk een uitzondering). Dat is niet gewenst. In de toelichting worden per monsterlocatie de kansen voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde natuur beschreven.

In het onderzoeksgebied ligt op basis van de mate van buffering en de ijzerconcentraties de ontwikkeling van een nat schraalland/vochtig hooiland (<300-500(/800) µmol/l Olsen-P) of berken-/elzenbroekbos (±<300-600/800 µmol/l Olsen-P) voor de hand.

Figuur 14. Foto's van een goed ontwikkeld droog (links; Winterswijk) en vochtig (rechts; Doetinchem) kruiden- en faunarijk grasland. Foto's: 5.1.2e.

Wanneer de vereiste inrichtingsmaatregelen voor deze doeltypen te ingrijpend of niet te realiseren zijn kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland met een Olsen-P streefconcentratie van circa 900-1200 µmol/l. Uit recent onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (<900-1200 µmol/l; Figuur 13). Dit is slechts een indicatieve streefwaarde: 'kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de labiele

P-fractie voldoende laag is (P-z < 1-2 µmol/l) en de nitraatconcentratie laag is (<100-200 µmol/l). Om op voedselrijkere gronden de dominantie van witbol te doorbreken wordt geadviseerd witbol vroeg af te maaien, bijvoorbeeld in mei. Deze grassen bloeien namelijk voordat de zomerkruiden gaan bloeien. Op deze manier wordt gestreepte witbol actief terug gedrongen ten gunste van later bloeiende kruidachtigen. Goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden worden vaak laat in de zomer (augustus/september) gemaaid.

Kansen voor natuurontwikkeling

In deze paragraaf worden op basis van bodemtype en bodemchemie de kansen voor natuurontwikkeling besproken. Op basis van de bodemchemisch condities wordt gekeken welke maatregelen nodig zijn voorde ontwikkeling van P-gelimiteerde natuur. Het is aan de opdrachtgever om uiteindelijk te kiezen welke maatregelen passen binnen het op te stellen inrichtingsplan. Wanneer keuzes moeten worden gemaakt heeft het heeft de voorkeur om een kleiner oppervlak goed in te richten dan op een groter voor 'half werk' te kiezen. Dit laatste levert over het algemeen vooral teleurstellingen op (verruiging in plaats van doelvegetaties) en is zonde van de inspanningen. Wanneer na inrichting onvoldoende omstandigheden met een lage P-beschikbaarheid ontstaan waardoor (fors) aanvullend verschralingsbeheer vereist is, kan onder vochtige condities pitrus tot ontwikkeling komen.

Vanwege de sterke correlatie tussen Ca-z en totaal-Ca zijn de Ca-z concentraties van de bodems, waarbij geen zoutextractie is uitgevoerd, berekend. De berekende concentraties zijn grijs en cursief weergegeven in Tabel 4.

In het huidige gebied zijn hoge ijzerconcentraties aangetroffen in de bodem, voornamelijk in de bouwvoor. Door deze hoge ijzerconcentraties en de daarmee gepaard gaande hoge totaal-P concentraties (de Fe/P ratio is echter gemiddeld 10) is het waarschijnlijk dat de Olsen-P concentraties op de zeer/extreem ijzerrijke locaties een hogere plantenbeschikbare P-concentratie indiceren dan in de praktijk het geval is (met name wanneer de P-z concentraties relatief laag zijn). Ook geven de berekende verschralingsduren voor deze zeer/extreem ijzerrijke condities geen reëel beeld. Dit is eerder in deze en de vorige paragraaf uitgebreider toegelicht. In Tabel 4 zijn de irreële verschralingsduren niet gearceerd/gekleurd.

De actuele grondwaterstandsfluctuaties zijn afgeleid uit het bodemprofiel. De grondwaterkwaliteit is niet gemeten. Maar volgens de opdrachtgever is er sprake van sterke kwel gezien de geologische opbouw en het feit dat er vrijwel het gehele jaar grondwater wordt afgevoerd. Dat kwelwater kan gezien de geologische opbouw zeker grote hoeveelheden ijzer bevatten. Of dat actueel nog in maaiveld kan komen is twijfelachtig gezien de diepte van de sloten. Daarom wordt geadviseerd om dit alsnog te meten. Dit maakt duidelijk of het huidige grondwater nog steeds ijzerrijk is (zie ook de tekst over Figuur 11) en of de kwaliteit negatief beïnvloed is door het landbouwkundig gebruik (fosfor, nitraat, ammonium, sulfaat) in het gebied en in de omgeving.

5.1.2e (Staatsbosbeheer) heeft per locatie/zone globaal aangegeven wat de mogelijkheden zijn voor hydrologisch herstel / het versterken van de grondwaterinvloed (e-mail d.d. 15-5-2020).

Tabel 4. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties bij Reutum. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l), BV = indicatieve basenverzadiging, M3/M5/M8/M12 = berekende verschralingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 300/500 (nat schraalland/vochtig hooiland/berken- en elzenbroekbos), 800 (vochtig hooiland/elzenbroekbos) en 1200 (goed ontwikkeld kruidenrijk grasland) µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l). In verband met de ijzerrijke condities geven alleen de gearceerde verschralingsduren een reëel beeld. Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren
<5	<150	<10	<4000	<40			voldoende P-arm
6-10	151-250	10-20	4001-8000	41-100	2-5	51-100	<10 kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	101-250	6-10	101-200	11-40 matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	251-500	11-30	201-400	41-80 kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	501-800			matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>800	51-100	801-1200	201-400 ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400 ongeschikt voor verschraling II

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3	M5	M8	M12
1	0-20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	18	1,2	2277	53,8	65	48	321	6	18	13	20	14384	658	1992	5,3	99	4	363	115	292	262	218	159
	20-35	zand, matig siltig, omgew.	BC	5	19	1,1	1575	33,6	61	49	236	5	19	10	10	14271	461	2776	6,2	100	3	266	97	127	107	77	37
	35-45	zand, matig siltig, omgew.	BC	12	33	0,8	1482	44,9	86	75	413	4	18	16		15454								112	93	64	27
	45-55	klei, sterk zandig en humeus	O	13	38	0,9	1892	80,8	53	47	486	4	13	58	62	13305	1362	2491	5,3	94	3		717	212	186	145	92
2	0-15	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	17	1,3	4068	104,1	103	44	1082	6	18	9	8	13353	1831	4363	5,3	100	13	188	34	452	428	391	344
	15-25	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	18	1,4	3801	71,0	115	50	658	5	21	8		13428								204	193	175	152
	25-35	zand, matig siltig	C	1	11	1,7	1115	9,9	116	28	154	11	31	1	76	11040	644	4034	5,9	99	6	55	52	22	17	9	0
	35-45	zand, matig siltig	C	0	10	1,6	406	3,5	94	22	63	12	29	1		12669								1		0	0
3	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	7	23	1,3	6649	178,2	100	73	1839	3	13	15	63	17200	302	5802	4,9	99	3	248	77	1063	1030	978	913
	20-30	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	8	24	1,2	4601	164,6	85	41	1736	2	11	14		13231								481	459	424	380
	30-40	zand, matig siltig	C	1	13	1,6	687	8,6	104	28	172	4	16	3	22	11833	299	3028	5,1	99	2	60	22	15	7	0	0
	40-50	zand, matig siltig	C	0	12	1,5	301	2,4	68	15	43	4	13	1	29	7503	341	1898	5,3	99	1		19			0	0
4	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	9	26	1,2	4058	105,5	101	28	926	3	14	17	112	13387	222	4327	4,5	97	1		67	610	578	527	464
	20-30	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	21	1,3	2938	76,4	117	36	815	3	16	12		12867								214	198	173	141
	30-40	zand	C	1	14	1,6	625	6,6	66	15	221	3	13	2	7	7630	378	3054	5,4	100	1		24	11	4	0	0
	40-50	zand	C	1	13	1,6	553	4,5	63	13	134	4	13	2		11667								5	1	0	0
5	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	9	25	1,2	5228	256,9	97	73	2143	1	19	13	30	22836	259	6645	5,5	100	5	242	29	1513	1452	1355	1237
	20-35	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	8	29	1,2	2830	165,0	106	77	1496	1	18	13		18073								692	637	550	446
	35-45	zand	C	1	16	1,5	1256	14,8	40	13	174	1	7	3	14	8128	300	2101	5,4	99	2	57	58	35	28	16	2
	45-55	zand	C	1	18	1,6	1109	14,0	45	13	141	2	8	5		11845								32	24	11	0
6	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	6	18	1,4	4364	131,4	57	55	1360	6	10	13	8	14665	2671	1889	5,2	100	15	55	61	765	727	667	595
	20-35	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	5	18	1,3	4233	74,4	55	50	809	5	11	11		19185								324	308	281	250
	35-45	bosveen, sterk veraard	O	12	29	1,0	3190	225,3	43	103	2044	3	10	21	3	20412	1519	3063	5,4	100	1	288	53	638	594	523	439
	45-55	zand	C	1	15	1,4	489	6,9	58	14	147	3	12	5		10612								8		0	0
7	0-20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	6	21	1,4	2795	70,6	87	85	810	11	30	15	8	19890	1424	4983	6,0	100	3	369	122	394	362	311	252
	20-30	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	17	1,3	2261	43,2	86	68	425	12	32	12		17068								117	105	86	63
	30-40	bosveen, sterk veraard	O	43	57	0,4	283	42,1	35	106	715	4	21	33	8	16760	2295	7439	5,6	99	1	154	523	0	0	0	0
	40-50	bosveen, sterk veraard	O	35	56	0,4	434	51,7	36	74	731	4	13	40		13003								50	0	0	0
8	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	5	20	1,5	4744	52,5	64	53	343	7	16	17	22	17189	1012	3686	5,6	99	20	189	162	307	293	271	245
	20-30	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	11	25	1,1	2521	71,2	53	59	592	5	17	17		14855								196	178	149	117
	30-40	bosveen, sterk zandig en veraard	O	21	42	0,7	1494	98,1	41	64	901	3	20	38	27	13032	1187	6602	5,0	98	2	71	594	245	204	136	60
	40-50	bosveen, sterk zandig en veraard	O	22	47	0,7	1650	175,4	32	54	1202	3	9	95		11582								449	382	272	150
9	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	17	1,3	4327	38,9	51	45	96	3	13	12	78	14086	291	1639	5,8	98	28	113	230	224	215	196	176
	20-30	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3	15	1,3	4052	38,0	52	47	98	3	15	15		14487								109	100	94	84
	30-40	zand, omgew.	O	6	19	1,2	1751	13,5	47	26	74	4	13	31	10	16359	969	4259	5,8	99	7		268	33	30	22	13
	40-50	zand, matig siltig	BC	1	16	1,5	665	3,2	69	12	81	4	14	83	182	5562	1214	1318	5,8	84	1		49	1	1	0	0

Locatie 1 (GLG 70 cm-mv, GHG 20 cm-mv)

Potenties hydrologie: Maatregelen zorgen hier niet of nauwelijks voor vernatting omdat het niet mogelijk is de diepe leggerwaterloop direct ten oosten van deze locatie in peil te verhogen. Het betreft dus alleen het effect van het dempen van een lokaal slootje/greppel. Dit heeft hooguit effect in meest natte periode maar niet in voorjaar of zomer.

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is ijzerrijk en matig-sterk calciumhoudend (Fe-t: 321 mmol/l; Ca-t: 48 mmol/l; Ca-z: ± 14.400 µmol/l). De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2277 µmol/l, P-t: 53,8 mmol/l, P-z 4 µmol/l). Onder bouwvoor (20-55 cm-mv) is de bodem nog steeds ijzerrijk en rijk aan fosfaat. De Olsen-P concentraties zijn echter lager dan in de toplaag (1500-1900 µmol/l) maar de concentratie nemen niet verder af in de diepte. Voor een verdere ontwikkeling wordt geadviseerd het verschralingsbeheer voort te zetten en hiermee een soortenrijk kruiden- en faunarijk grasland te ontwikkelen. De relatief lage labiel-P concentraties bieden perspectief. De verschraling kan worden versneld wanneer ijzerrijk grondwater in het maaiveld komt (oktober-april). Vernattingsmaatregelen blijken echter niet mogelijk. Om het grondwater dichter bij het maaiveld te laten komen en om de lagere P-concentraties te realiseren kan ook worden overwogen om 20(-35) cm af te graven en in te zetten op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland en op termijn een blauwgrasland. Mogelijk valt de Olsen-P concentratie na ontgronding in de praktijk lager uit onder ijzerrijke omstandigheden.

Optie 1: Verschralingsbeheer voortzetten voor de ontwikkeling van een soortenrijk kruidenrijk grasland.

Optie 2: 20(-35) cm afgraven en t.b.v. de ontwikkeling van een soortenrijk kruiden- en faunarijkgrasland en aanvullend verschralen t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland.

Locatie 2-5 (2-4: GLG 100-130 cm-mv, GHG 40-50 cm-mv; 5: GLG 85 cm-mv, GHG 0 cm-mv)

Potenties hydrologie: Maatregelen zorgen hier niet of nauwelijks voor vernatting omdat het niet mogelijk is de diepe leggerwaterloop direct ten oosten van deze locatie in peil te verhogen. Het betreft dus alleen het effect van het dempen van een lokaal slootje/greppel. Dit heeft hooguit effect in meest natte periode maar niet in voorjaar of zomer. Locatie 3 zal door het verplaatsen van de diepe leggerwaterloop wel natter worden met meer toevoer van ijzerrijke kwel. De grondwaterstand zal blijven uitzakken in de zomer (dus droogval van de toplaag) door de diepe ontwateringsbasis buiten het natuurgebied aan zuidzijde. Overigens laat de praktijk hier zien dat slechts één jaar niet bemesten al een enorme verschraling tot gevolg heeft.

De beoogde ontwikkeling op locatie 2 - 5 (oostelijke gedeelte van het onderzoeksgebied) is een vochtig hooiland. De bouwvoor op de locaties (25-35 cm) is extreem ijzerrijk (circa 1000-2000 mmol/l) en matig-sterk calciumhoudend (Ca-t: 22-77 mmol/l; Ca-z: ± 13.400-22.800 µmol/l). De Olsen-P en totaal-P concentraties zijn ook zeer hoog. Zoals eerder gemeld in dit rapport kan de Olsen-P concentratie onder deze condities echter een overschatting weergeven van de voor planten beschikbare P-concentratie. De labiel-P concentratie varieert van 1-13 µmol/l en biedt dan ook perspectief (met name op de locaties 3-5: P-z <5 µmol/l).

Voor de ontwikkeling van soortenrijke, grondwaterafhankelijke natuurtypen lijken de grondwaterstanden, met uitzondering van locatie 5, te laag. De mogelijkheden om de grondwaterinvloed te versterken lijken beperkt.

Voor een verdere ontwikkeling wordt geadviseerd het verschralingsbeheer voort te zetten en hiermee een soortenrijk kruiden- en faunarijk grasland te ontwikkelen. De relatief lage labiel-P concentraties bieden perspectief. De verschraling kan worden versneld wanneer ijzerrijk

grondwater in het maaiveld komt (oktober-april). Vernattingsmaatregelen blijken echter niet mogelijk. Wanneer vernatting van de toplaag kan worden gerealiseerd in combinatie met droog van de toplaag in de zomerperiode biedt dit kansen voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland. Doordat we geen goed beeld hebben van de exacte effecten van vernatting op de hoge P-concentraties in de bodem vormt dit een risico. Er is nog weinig ervaring met het vernatten van dergelijke ijzerrijke bodems waardoor het risico op verruiging lastig in te schatten is. Bij vernatting wordt niet alleen P maar ook Fe gemobiliseerd waardoor dit tevens een positief effect kan hebben (de Fe/P ratio is circa 10).

Dit kan worden ondervangen door enkele aanvullende metingen (oxalaatextractie t.b.v. de bepaling van de fosfaatverzadigingsgraad) uit te laten voeren of een eenvoudig inundatie-experiment uit te voeren waarbij de bodems onder water worden gezet en na 6-8 weken de P-mobilisatie in de bodem en de P-concentratie in het oppervlaktewater wordt gemeten. Ook metingen van de grondwaterkwaliteit zijn, zoals eerder vermeld, relevant. Wanneer de zode soortenarm blijft kan het (lokaal) plaggen van de zode in combinatie met het opbrengen van maaisel uit een goed ontwikkeld vochtig hooiland in de regio leiden tot een soortenrijkere ontwikkeling.

Om het grondwater dichter bij het maaiveld te laten komen en om de lagere P-concentraties te realiseren kan ook worden overwogen om 25-35 (locatie 2: P-concentraties nemen af in de diepte), 30-40 (locatie 3 en 4; P-concentraties nemen af in de diepte) of 35 cm (locatie 5) af te graven en in te zetten op de ontwikkeling van een nat schraalland. Met het afgraven van de ijzerrijke, P-rijke toplaag worden echter ook bufferstoffen afgevoerd. Het is de vraag of dit wenselijk is. De onderliggende bodem is minder ijzerrijk, minder calciumhoudend en de buffering neemt af in zuidelijke richting. Er is sprake van beperkte P-uitspoeling onder de bouwvoor. Op basis van de buffering ligt de ontwikkeling van een blauwgrasland (locatie 2/3) of heischraal grasland (locatie 4/5) voor de hand onder P-gelimiteerde omstandigheden (<300-500 µmol/l Olsen-P). Afhankelijk van de ontgrondingsdiepte is lokaal aanvullend verschralingsbeheer vereist (zie Tabel 4).

Ook hier speelt de grondwaterkwaliteit een belangrijke rol. Het is niet bekend of dit grondwater ijzerrijk en of sterk gebufferd is. Indien in het gebied ijzerrijke en calciumrijke kwel in het maaiveld kan komen (na vernatting en/of ontgronding) is het mogelijk om een vochtig hooiland of goed gebufferd nat schraalland tot ontwikkeling te laten komen. Is dit niet mogelijk of onvoldoende mogelijk dan zal de bodem na ontgronding langzaam verder verzuren. Om hier een beter inzicht in te krijgen wordt geadviseerd om de grondwaterkwaliteit in het gebied te onderzoeken.

Omdat door middel van een afgraving de ijzervoorraad uit het gebied wordt gehaald kan de additie van ijzerkalkslib worden overwogen. De additie van ijzerkalkslib kan een interessante en kansrijke aanvullende verschralingsmaatregel vormen voor de ontwikkeling van vochtig hooiland (monitoring wordt aanbevolen) doordat hiermee de P-concentratie in het poriewater kan worden verlaagd. Onderzoekcentrum B-WARE heeft hier positieve ervaring mee (5.1.2e). Het ijzerkalkslib is een restproduct van het drinkwaterwinningsproces. Door het toedienen van dit slib wordt de hoeveelheid ijzer en andere mineralen die normaal gesproken over een periode van vele honderden jaar via het grondwater (kwel) zouden worden aangevoerd, in een keer in de bodem gebracht. Onder ijzerrijke omstandigheden wordt fosfaat goed geïmmobiliseerd waardoor de P beschikbaarheid relatief laag blijft, ook onder natte condities.

Optie 1: Verschralingsbeheer voortzetten voor de ontwikkeling van een soortenrijk kruidenrijk grasland.

Optie 2: Toplaag verschralen en vernatten (indien mogelijk) t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig hooiland. Om de risico's op verruiging beter in te kunnen schatten kunnen aanvullende metingen worden uitgevoerd (oxalaatextractie en inundatie-experiment).

Optie 3: de fosfaat-, ijzer- en calciumrijke bodem afgraven (25-40 cm) t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalland (blauwgrasland/heischraal grasland). Afhankelijk van de ontgrondingsdiepte is lokaal aanvullend verschralingsbeheer vereist. Onderzoek naar de grondwaterkwaliteit (ijzer, buffering, nutriënten, sulfaat) wordt aanbevolen. Tevens kan het opbrengen van ijzerkalkslib na afgraving worden overwogen (experimentele maatregel).

Locatie 6-9 (6+8: GLG 110 cm-mv, GHG 40 cm-mv; 7+9: GLG 90 cm-mv, GHG 10-20 cm-mv)

Potenties hydrologie: Het dempen van de diepe sloot op de rand van het huidige natuurgebied zal de kwelinvloed versterken en zorgen voor vernatting en meer toevoer van ijzerrijke kwel. Helaas ligt ook hier een diepe perceelsloot op de westrand van het in te richten natuurgebied die kwel afvangt. Het zal dus met name in winter en voorjaar leiden tot nattere omstandigheden en meer kwel. Metingen verderop in het broekbos laten in de huidige situatie in normale jaren grondwaterstanden zien die maximaal 30 tot 50 centimeter fluctueren. Circa 30 centimeter op de minst beïnvloede situatie (veen, ver weg van afwatering) en 50 cm op deel dat onder invloed staat van een te dempen diepe waterloop. Het huidige broekbos wordt dus natter en de in te richten randzone ook. De verwachting is wel dat het grondwater hier wat dieper zal blijven wegzakken vanwege de invloed van de ontwatering in het landbouwgebied. Dus de toplaag zal droogvallen maar de duur en de mate waarin is wel afhankelijk van hoe diep er wordt afgegraven. Dat moet nog in detail worden bekeken. Afhankelijk van hoe er wordt afgraven is het creëren van doorstroming mogelijk. Dat gebeurt nu ook in het meest natte deel van het broekbos via een slenk die afwatert (straks via de stuwput) op de omgeving. In het nieuw in te richten deel kan worden aangesloten op het bestaande lozingspunt van het stuwtje of een afwatering worden gecreëerd richting de randsloot.

De beoogde ontwikkeling op locatie 6-9 (het westelijke deel van het onderzoeksgebied) is een hoog- en laagveenbos. De zandige bouwvoor op deze locaties (30-35 cm) is zeer ijzerrijk en matig-sterk calciumhoudend (Fe-t: 243-1360 mmol/l; Ca-t: 45-85 mmol/l; Ca-z: ± 14.700-19.900 µmol/l). Locatie 9 is matig ijzerhoudend (96-98 mmol/l).

De Olsen-P en totaal-P concentraties zijn ook zeer hoog. Zoals eerder gemeld in dit rapport kan de Olsen-P concentratie onder deze condities echter een overschatting weergeven van de voor planten beschikbare P-concentratie. De labiel-P concentratie is met uitzondering van locatie 8 (3 µmol/l) relatief hoog (15-28 µmol/l).

Voor de ontwikkeling van soortenrijke, grondwaterafhankelijke natuurtypen lijken de grondwaterstanden, lokaal te laag. Er zijn echter mogelijkheden om de kwelinvloed te versterken.

Doordat we geen goed beeld hebben van de exacte effecten van vernatting op de hoge P-concentraties in de toplaag van de bodem vormt dit een risico. Er is nog weinig ervaring met het vernatten van dergelijke ijzerrijke bodems waardoor het risico op verruiging lastig in te schatten is. Bij vernatting wordt niet alleen P maar ook Fe gemobiliseerd waardoor dit tevens een positief effect kan hebben (de Fe/P ratio is circa 10).

Dit kan worden ondervangen door enkele aanvullende metingen (oxalaatextractie t.b.v. de bepaling van de fosfaatverzadigingsgraad) uit te laten voeren van de toplaag en de onderliggende bodem of een eenvoudig inundatie-experiment uit te voeren waarbij de bodems onder water worden gezet en na 6-8 weken de P-mobilisatie in de bodem en de P-concentratie in het

oppervlaktewater wordt gemeten. Dit kan ook duidelijk maken of op locatie 6 het afgraven van het humeuze bodemlaagje op 35-45 cm-mv (zeer ijzerrijk, zeer gebufferd, maar ook P-rijk) verstandig is of niet en hoe de veenbodem op locatie 8 reageert op vernatting. Ook metingen van de grondwaterkwaliteit zijn, zoals eerder vermeld, relevant. Voor een soortenrijke ondergroei zijn in broekbossen voedselarme tot matig voedselrijke condities vereist.

Om het grondwater dichter bij het maaiveld te laten komen en om de lagere P-concentraties te realiseren wordt geadviseerd de bouwvoor (30-35 cm) af te graven. Na het afgraven van de bouwvoor (35 of 45 cm op locatie 1, 30 cm op de locaties 7 en 8 en 30 cm op locatie 9) is de ontwikkeling afhankelijk van de nieuwe toplaag, indien dit zwak gebufferde zandbodem (noord- en zuidkant) betreft ligt de ontwikkeling van een berkenbroekbos voor de hand. Betreft het een veenbodem (locatie 7 en 8: veenpakket van 30 tot 100/115 cm-mv) dan kan een elzenbroekbos worden ontwikkeld. In het verleden heeft bezanding van de venige bodems plaatsgevonden om deze landbouwkundig te kunnen gebruiken.

De humeuze bodems zijn over het algemeen zeer ijzerrijk en daarmee ook P-rijk. De P-z concentraties zijn laag (1-2 µmol/l) wat kan duiden op een lagere P-beschikbaarheid in de praktijk dan de Olsen-P concentratie indiceert voor deze bodems. Om (verdere) veraarding van de veenbodems na een eventuele ontgronding te voorkomen is het van belang om de hydrologie te optimaliseren: grondwaterinvloed in/boven maaiveld van oktober t/m maart (waarbij doorstroming plaatsvindt) en beperkte droogval (circa 20-30 cm) van de toplaag in de zomer (zie kader 1 en 2). Op deze manier kunnen broekbossen met een soortenrijke ondergroei tot ontwikkeling komen op deze percelen.

Advies: de bouwvoor afgraven (35 of 45 cm op locatie 1, 30 cm op de locaties 7 en 8 en 30 cm op locatie 9) *t.b.v. de ontwikkeling van een berkenbroekbos (locatie 6 (bij 45 cm afgraven) en 9) of elzenbroekbos (locatie 6 (bij 35 cm afgraven), 8 en 9). Onderzoek naar de grondwaterkwaliteit (ijzer, buffering, nutriënten, sulfaat) wordt aanbevolen. Om de risico's op verruiging beter in te kunnen schatten kunnen aanvullende metingen worden uitgevoerd (oxalaatextractie en inundatie-experiment).*

60235 0024

KADER 2. HERSTEL VAN VERDROOGDE BROEKBOSSEN

Het herstel van verdroogde broekbossen tracht men vaak op te lossen door het oppervlaktewater op te stuwen. Maar door het permanent hoge water, treden geen periodieke waterstandschommelingen meer op (met periodieke droogval in de zomer) en vindt geen doorstroming van grondwater plaats. De stijghoogte van het grondwater komt niet meer boven het oppervlaktewaterpeil uit met stagnatie en de beperking van de grondwaterinvloed als gevolg. Dit leidt tot de reductie van sulfaat tot toxisch sulfide, ammoniumophoping, P-mobilisatie en massale ontwikkeling van soorten kenmerkend voor zeer voedselrijke condities waaronder Klein kroos, Liesgras en Mannagras.

Figuur. De broekloop in het Kaldenbroek. a: 1977, onder verdroogde condities (foto: 5.1.2e b: 1998, uitgangssituatie direct na het permanent opstuwen van het oppervlaktewater (foto: 5.1.2e); c: 1999, eutrofiërinsgverschijnselen als gevolg van de permanente opstuwing (foto: 5.1.2e) d: 2005, twee jaar na het instellen van het natuur waterregime (foto: 5.1.2e). Bron: Lucassen & Roelofs, 2005.

Herstelmaatregelen bestaan dan ook niet uit permanente opstuwing van grondwater of aanvoer van oppervlaktewater, maar uit het herstellen van een natuurlijk waterregime. Dit kan bereikt worden door bijvoorbeeld een regelbare stuw te plaatsen, waarbij het grondwater tot beneden de potentiële stijghoogte van grondwater wordt opgestuwd. Zo blijft een positieve grondwaterdruk gehandhaafd en zal doorstroming met grondwater blijven plaatsvinden terwijl de toplaag in de zomer droog kan vallen.

Door de aanvoer van basenrijk (vooral calcium en magnesium) en ijzerrijk grondwater wordt de nutriëntenbeschikbaarheid beperkt (afvoer ammonium). Daarnaast legt ijzer in de vorm van ijzer(hydr)oxiden in de aerobe toplaag fosfaat vast. Gereduceerd ijzer legt sulfide vast, waardoor interactie van sulfide met ijzer uit de ijzer-fosfaatcomplexen beperkt blijft. De gevormde ijzer-sulfiden worden tijdens droogval weer geoxideerd, en het gevormde sulfaat wordt uit het systeem afgevoerd in natte tijden. Daarnaast ontstaan weer ijzer(hydr)oxiden die fosfaat kunnen binden. Droogval zorgt ook voor oxidatie van ammonium, waarbij nitraat wordt gevormd. Dit spoelt uit en kan worden gedenitrificeerd in het diepergelegen anaerobe gedeelte van de bodem. Hierbij ontstaat stikstofgas, dat verdwijnt naar de lucht. Dit zal leiden tot een voedselarme situatie waardoor de ontwikkeling van een karakteristieke ondergroei (Dotterbloem, Gele lis, Elzenzegge, Holpijp, etc.) wordt gestimuleerd.

60235 0024

Kansen voor natuurontwikkeling in het gehele gebied

In het gebied is een complexe bodemchemie en - opbouw aangetroffen. Vanwege de zeer/extreem hoge ijzerconcentraties gecombineerd met hoge fosfaatconcentraties zijn diverse ontwikkelingsmogelijkheden voorgesteld. De risico's van met name vernattingsmaatregelen op P-mobilisatie en verruiging zijn echter lastig in te schatten op basis van de huidige data. De relatief lage labiel-P concentraties laten zien dat de P-beschikbaarheid in de praktijk (onder zeer/extreem ijzerrijke omstandigheden) lager kan zijn dan de Olsen-P concentraties indiceren. Om deze risico's beter in te kunnen schatten zijn enkele aanvullende onderzoeken voorgesteld. In Tabel 5 worden de mogelijkheden samengevat en de risico's en onderzoeken benoemt.

Tabel 5. Samenvatting van de mogelijkheden, risico's en eventuele aanvullende onderzoeken.

locatie	advies	risico	onderzoek
1	Maaien en afvoeren t.b.v. kruidenrijk grasland, mogelijk in combinatie met 20(-35) cm afgraven; soorterijkdom verhogen (op termijn mogelijk blauwgrasland na afgraving	verruiging na afgraving	
2-5	Huidige zode door ontwikkelen tot kruidenrijk grasland door middel van verschralingsbeheer		
	Toplaag afgraven (25-40 cm) t.b.v nat schraalland (optioneel ijzerkalkslib opbrengen na ontgronding)	grondwaterkwaliteit onbekend, buffering en ijzerconcentraties nemen fors af	grondwaterkwaliteit onderzoeken
	Toplaag vernatten t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig hooiland	risico op verruiging na vernatting	oxalaat-analyse
			vernattingsexperiment
6-9	De voedselrijke, ijzerrijke toplaag (30-45 cm) afgraven voor de ontwikkeling van een elzen- en berkenbroekbos in combinatie met vernattingsmaatregelen en het creeren va doorstroming	grondwaterkwaliteit onbekend	grondwaterkwaliteit onderzoeken
		risico op verruiging na vernatting	oxalaat-analyse
			vernattingsexperiment

4.4 Aanvullende maatregelen

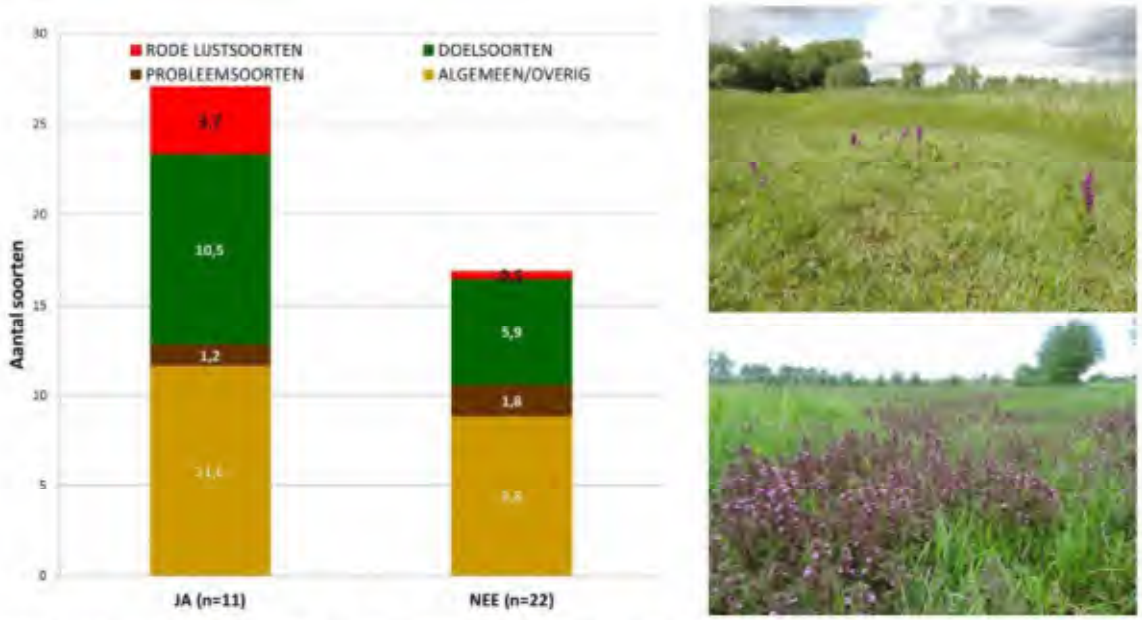
De eerste jaren na de het afgraven van de voedselrijke toplaag dient maaibeheer plaats te vinden om de ontwikkeling en uitbreiding van algemene/ruigte soorten te beperken. Doordat vaak vele zaden aanwezig zijn kunnen deze algemene soorten, ook onder P-arme condities, tot ontwikkeling komen. Door middel van een maaibeheer en het aanbrengen van maaisel of plagsel kan de groei van ongewenste algemene soorten worden onderdrukt. Opgemerkt dient te worden dat de lokale ontwikkeling van ruigtes op zichzelf niet nadelig is en zelfs kan bijdragen aan de diversiteit van een gebied. Vlinders, sprinkhanen, vogels en kleine zoogdieren kunnen hiervan profiteren.

Op de afgegraven locaties wordt geadviseerd om kort na afgraven (<1 jaar) maaisel/plagsel op te brengen uit goed ontwikkelde referentielocaties om kolonisatie door doelsoorten te stimuleren (eventueel één of twee opeenvolgende jaren herhalen zolang de zode nog niet gesloten is). Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank vaak niets meer over. Natte, venige laagtes kunnen een uitzondering vormen. Zonder het uitstrooien van vers maaisel of plagsel uit geschikte referentiegebieden is de kans op vestiging van doelsoorten klein. Veel zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd op de herstelde terreinen. Het herintroduceren van doelsoorten uit zo lokaal mogelijke bronnen (in verband met de genetische diversiteit en de aanpassing aan lokale

omstandigheden) leidt onder de juiste bodemchemische en hydrologische omstandigheden tot een succesvol herstel van ontgronde terreinen (Figuur 15).

Ditzelfde geldt ook voor locaties die door middel van een verschralingsbeheer zijn verschraald. Na het bereiken van de vereiste verschraling is een dichte (relatief soortenarme) zode aanwezig waarin doelsoorten waarschijnlijk ontbreken. Plaggen of chopperen van de zode (mits soortenarm) en maaisel van een doelvegetatie opbrengen kan de beoogde ontwikkeling stimuleren.

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel (Figuur 15) waarbij idealiter 1 m^2 vers verzameld maaisel over 1(-2) m^2 bodem wordt verspreid. Wanneer dit niet mogelijk is, kan het maaisel in een lagere dichtheid of in kleinere over het gebied verspreide zones worden opgebracht. Wanneer vers plagsel of bodemmateriaal (indactie dichtheid: 1 m^2 verspreiden over 15-25 m^2) uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhiza schimmels) geïntroduceerd. Mycorrhiza schimmels zijn van belang bij de opname van nutriënten onder voedselarme omstandigheden. Daarnaast beschermen ze de kiemlingen tegen verdroging. Het aanbrengen van maaisel of plagsel op een dichte zode is geen geschikte maatregel door het ontbreken van vestigingsplekken. Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.



Figuur 15. Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015. Op 33 locaties zijn vegetatieopnames gemaakt in gebieden waar door middel van ontgronding (minimaal 4 jaar geleden) voedselarme condities zijn gecreëerd op voormalige landbouwgronden ten behoeve van schraallandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel (11 locaties) en geen (22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgronding, heeft plaatsgevonden. De soorten zijn verdeeld over vier klassen: Rode Lijstsoorten, Doelsoorten, Probleemsoorten en Algemene/overige soorten. Bron: Onderzoekcentrum B-WARE. Rechts: Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalland met onder ander Moeraskartelblad, Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blauwe knoop, Vetblad, Heidekartelblad, Gevlekte orchis, Welriekende nachtorchis, Brede orchis en Moeraswespenorchis door middel van het afgraven van de voedselrijke toplaag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's: 5.1.2e .

Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.

Op (matig) voedselrijke plekken waar niet wordt afgegraven kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland. 'Kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er eigenlijk geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. Wanneer witboldominantie optreedt, wordt geadviseerd het maaibeheer te vervroegen. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de labiele P-fractie voldoende laag is (P-z < 1-2). Om verruiging te voorkomen wordt geadviseerd om de detailontwatering in stand te houden zodat de P-rijke toplaag voldoende droogvalt (voorkomen P-mobilisatie).

Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd. Voor grondwaterafhankelijke natuurtypen zoals heischrale graslanden, blauwgraslanden, dotterbloemhooilanden en broekbossen is grondwaterinvloed in de wortelzone of het maaiveld vereist van circa oktober/november t/m maart/april om verzuring, de vorming van regenwaterlenzen en de ontwikkeling van zure vegetaties tegen te gaan. De afvoer van grond- en/of regenwater is een belangrijke vereiste: er dient doorstroming plaats te vinden in plaats van stagnatie. Op plekken waar regenwater stagneert kunnen veenmossen gaan domineren, vooral op gebufferde bodems omdat hier veel CO_2 beschikbaar komt. Voor de ontwikkeling van dotterbloemhooiland kan inundatie met relatief schoon, gebufferd oppervlaktewater volstaan. Inundatie met P-rijk oppervlaktewater en/of de afzetting van P-rijk slib kan echter tot verrijking en daarmee tot verruiging leiden. In de zomer dient de toplaag droog te vallen om P-binding te stimuleren en verruiging te voorkomen. In verband met het veranderende klimaat (extremere weersomstandigheden) wordt geadviseerd de hydrologische omstandigheden (bij vernatting) regelbaar te maken. Zie kader 1 en 2 voor meer informatie.

60235 0024

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 Belangrijkste conclusies

- De bodem in het gebied bestaat voornamelijk uit matig tot sterk siltig zand (zie profielbeschrijvingen in Bijlage 1). De bouwvoor is eveneens matig humeus. De dikte van de bouwvoor varieert van 20-35 cm. Op locatie 6 (35-45 cm-mv), 7 (30-100 cm-mv) en 8 (30-115 cm-mv) is onder de bouwvoor sterk veraard bosveen aangetroffen, dit komt overeen met de bodemkaart (zie Figuur 8). De GHG, afgelezen uit het boorprofiel, varieert van 0 cm-mv tot 40 cm-mv. De GLG varieert van 85 cm-mv tot 130 cm-mv (zie Tabel 1). De beoogde natuurtypen zijn vochtig hooiland in het oostelijke deel (locatie 1-5) en broekbos in het westelijke deel (locatie 6-9). Met name in het oostelijke deel zijn kansen aanwezig om de grondwaterinvloed te versterken door middel van hydrologische maatregelen. Dit maakt geen onderdeel uit van het onderzoek;

- Uit het bodemchemisch onderzoek blijkt dat toplaag van de bodem in het onderzoeksgebied als gevolg van het landbouwkundig gebruik verrijkt is met fosfaat tot concentraties die te hoog zijn voor de ontwikkeling van de beoogde soortenrijke P-gelimiteerde vegetatietypen. Tevens zijn zeer/extreem hoge ijzerconcentraties aangetroffen. Op de locaties 2 t/m 8 zijn concentraties >1000 mmol/l gemeten. Dit is het resultaten van natte omstandigheden en ijzerrijke kwel in het verleden. Als gevolg van grondwaterinvloed in het maaiveld en beperkte droogval in de zomer heeft ijzerophoping in de toplaag plaatsgevonden. Doordat het ijzerrijke grondwater ook fosfor bevat is met het ijzer ook P afgezet in de bodem. De Fe/P ratio is deze ijzerrijke bodemlagen is gemiddeld 10 wat wil zeggen dat er 10 keer zoveel ijzer als fosfor in de bodem zit. Doordat de ijzerconcentraties lokaal extreem hoog zijn is de totaal-P concentratie in de bodem ook zeer hoog (40-250 mmol/l). Het is de vraag of het huidige grondwater nog steeds ijzerrijk is. Aanvullende grondwaterkwaliteitsmetingen worden aanbevolen. Een geschikte parameter voor de weergave van de voor planten beschikbare P concentratie is Olsen-P. Waarschijnlijk geeft deze onder zeer/extreem Prijke condities een overschatting van de beschikbare P-concentraties in de praktijk. Het is daarom ook goed om naar de labiel-P concentraties (P-NaCl: in de tabel weergeven als P-z) te kijken. Deze zijn relatief laag in het oostelijke deel van het onderzoeksgebied;

- De bodem in het gebied is zwak-matig gebufferd. De ijzerrijke, P-rijke toplaag is over het algemeen ook het sterkst gebufferd. Wanneer de hydrologische omstandigheden kunnen worden geoptimaliseerd (let op: risico op P-mobilisatie en verruiging) biedt dit mogelijkheden voor de ontwikkeling van vochtig hooiland in het oostelijke deel van het gebied. Onder de toplaag neemt hier de buffering van de bodem af in zuidelijke richting (potenties blauwgrasland richting heischraal grasland). In het westelijke deel van het gebied is het centrale deel goed gebufferd (elzenbroekbos) terwijl de onderliggende zandbodem aan de noord- en zuidzijde zwak gebufferd is (berkenbroekbos). Dit is van invloed op de natuurpotenties. Wanneer de fosfaatrijke toplaag wordt afgegraven worden (met name in het oostelijke deel van het gebied) ook het ijzer en de bufferstoffen (calcium) uit het gebied verwijderd.

- Wanneer nattere omstandigheden ontstaan (zowel onder de huidige omstandigheden in het oostelijke deel als na een eventuele ontgronding in het westelijke deel) brengt dit risico's op verruiging met zich mee. Het is echter lastig in te schatten hoe reëel dit is. Bij vernatting

wordt namelijk niet alleen P maar ook Fe gemobiliseerd. Hierdoor kan de P-concentratie in het poriewater laag blijven, zeker in combinatie met droogval van de toplaag in de zomerperiode. Om deze risico's op P-mobilisatie bij vernatting van huidige toplaag en nieuwe toplagen (na ontgronding) in kaart te brengen kan aanvullend onderzoek worden uitgevoerd. Het bepalen van de fosfaatverzadigingsgraad van de bodems door middel van een oxalaatextractie en het uitvoeren van een eenvoudig inundatie-experiment is hierbij waardevol. In Tabel 6 worden de mogelijkheden samengevat en de risico en onderzoeken benoemd.

Tabel 6. Samenvatting van de mogelijkheden, risico's en eventuele aanvullende onderzoeken.

locatie	advies	risico	onderzoek
1	Maaien en afvoeren t.b.v. kruidenrijk grasland, mogelijk in combinatie met 20(-35) cm afgraven; soorterijkdom verhogen (op termijn mogelijk blauwgrasland na afgraving	verruiging na afgraving	
2-5	Huidige zode door ontwikkelen tot kruidenrijk grasland door middel van verschralingsbeheer		
	Toplaag afgraven (25-40 cm) t.b.v nat schraalland (optioneel ijzerkalkslib opbrengen na ontgronding)	grondwaterkwaliteit onbekend, buffering en ijzerconcentraties nemen fors af	grondwaterkwaliteit onderzoeken
	Toplaag vernatten t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig hooiland	risico op verruiging na vernatting	oxalaat-analyse
			vernattingsexperiment
6-9	De voedselrijke, ijzerrijke toplaag (30-45 cm) afgraven voor de ontwikkeling van een elzen- en berkenbroekbos in combinatie met vernattingsmaatregelen en het creeren va doorstroming	grondwaterkwaliteit onbekend	grondwaterkwaliteit onderzoeken
		risico op verruiging na vernatting	oxalaat-analyse
			vernattingsexperiment

- De adviezen per locatie/zone zijn als volgt:
  - Locatie 1:
    - Optie 1: Verschralingsbeheer voortzetten voor de ontwikkeling van een soortenrijk kruidenrijk grasland.
    - Optie 2: 20(-35) cm afgraven en t.b.v. de ontwikkeling van een soortenrijk kruiden- en faunarijkgrasland en aanvullend verschralen t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland.
  - Locatie 2-5:
    - Optie 1: Verschralingsbeheer voortzetten voor de ontwikkeling van een soortenrijk kruidenrijk grasland.
    - Optie 2: Toplaag verschralen en vernatten (indien mogelijk) t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig hooiland. Om de risico's op verruiging beter in te kunnen schatten kunnen aanvullende metingen worden uitgevoerd (oxalaatextractie en inundatie-experiment).
    - Optie 3: de fosfaat-, ijzer- en calciumrijke bodem afgraven (25-40 cm) t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalland (blauwgrasland/heischraal grasland). Afhankelijk van de ontgrondingsdiepte is lokaal aanvullend verschralingsbeheer vereist. Onderzoek naar de grondwaterkwaliteit (ijzer, buffering, nutriënten, sulfaat) wordt aanbevolen. Tevens kan het opbrengen van ijzerkalkslib na afgraving worden overwogen (experimentele maatregel).
  - Locatie 6-9: de bouwvoor afgraven (35 of 45 cm op locatie 1, 30 cm op de locaties 7 en 8 en 30 cm op locatie 9) t.b.v. de ontwikkeling van een berkenbroekbos (locatie 6

(bij 45 cm afgraven) en 9) of elzenbroekbos (locatie 6 (bij 35 cm afgraven), 8 en 9). Onderzoek naar de grondwaterkwaliteit (ijzer, buffering, nutriënten, sulfaat) wordt aanbevolen. Om de risico's op verruiging beter in te kunnen schatten kunnen aanvullende metingen worden uitgevoerd (oxalaatextractie en inundatie-experiment).

- Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de verschralingsmogelijkheden en natuurpotenties op basis van de bodemchemische omstandigheden. Het vormt de basis voor het op te stellen inrichtingsplan. Dit maakt geen onderdeel uit van de opdracht. Een eventuele ontgronding (hiermee wordt niet alleen fosfaat maar ook een deel van het ijzer en de calcium uit het systeem verwijderd) kan een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.
- Voor de aangegeven grondwaterafhankelijke vegetatietypes is het belangrijk dat er van circa oktober/november t/m maart/april grondwater uittreedt in het maaiveld en in de wortelzone gedurende het jaar. Dit hydrologische maakt geen onderdeel uit van dit onderzoek.
- In het oostelijke deel van het gebied lijken de mogelijkheden om de grondwaterinvloed te versterken beperkt (mogelijk met uitzondering van locatie 3) omdat het niet mogelijk is de diepe leggerwaterloop direct ten oosten van deze locatie in peil te verhogen. Het betreft dus alleen het effect van het dempen van een lokaal slootje/greppel. In het westelijke deel van het gebied zijn deze mogelijkheden er wel: het dempen van de diepe sloot op de rand van het huidige natuurgebied zal de kwelinvloed versterken en zorgen voor vernatting en meer toevoer van (ijzerrijke) kwel. Helaas ligt ook hier een diepe perceelsloot op de westrand van het in te richten natuurgebied die kwel afvangt. Het zal dus met name in winter en voorjaar leiden tot nattere omstandigheden en meer kwel. Bron: email 5.1.2e (Staatsbosbeheer) d.d. 15-5-2020.

5.2 Aanbevelingen

- Na afgraving van de P-rijke toplaag, het verwijderen van de zode of het bereiken van de gewenste verschraling (na verwijdering van de dichte soortenarme zode) wordt geadviseerd maaisel en/of plagsel uit een referentieterrein, op te brengen (eventueel één of twee opeenvolgende jaren herhalen zolang de zode nog niet gesloten is). Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden te creëren voor de beoogde doelsoorten. Het zorgt er bovendien voor dat extra organisch materiaal wordt ingebracht na ontgraving en remt de ontwikkeling van algemene (ruigte)soorten. De eerste jaren na herintroductie volstaat het klepelen van de vegetatie. Bij een dichtere zode wordt maaien en afvoeren geadviseerd. Zie paragraaf 2.4 en 4.5 voor aanvullende informatie omtrent het aanvullend beheer wanneer de gewenste verschraling is bereikt.
- In verband met het veranderende klimaat (extremere weersomstandigheden) wordt geadviseerd de hydrologische omstandigheden regelbaar te maken met behulp van kleine stuwtjes (flexibiliteit in water vasthouden en aflaten creëren).

6. LITERATUUR

Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen (2016) Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad Natuur Bos Landschap* maart: 10-13.

Brouwer, E., E.C.H.E.T. Lucassen, M. Buiks & T. Onkelinx (2017). Competitive strength of Australian swamp stonecrop (*Crassula helmsii*). Aquatic Invasions 12 (3): 321-331.

Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.

De Becker, P. (2004) Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende Alno/Padion en Alnion incanae/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.

Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma (2005) OGOR Natuur in Noord-Brabant. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.

Klimkowska, A., R. van Diggelen, J.P. Bakker & A.P. Grootjans (2007). Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* **140**: 318-328.

Lamers, L.P.M., E.C.H.E.T. Lucassen, A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2005) Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H_2O* **38** (17): 28-30.

Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs (2009) Verpitrussing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* **110** (1): 43-46.

Mullekom, M. van, A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.

Mullekom, M. van, F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs (2009) Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **6**: 2-7.

Mullekom, M. van & F. Smolders (2012) Bodemchemisch onderzoek Gooiermars. Onderzoek naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden op voormalige landbouwgronden. Rapport 2012.34, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M. Weijters, H.B.M. Tomassen, R. Bobbink, A.J.P. Smolders (2013) Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* **114**: 120-126.

Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Department of Agriculture* circular No. 939.

Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006) De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **3**(4): 5-11.

Smolders, A., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen, & E. Brouwer (2009) Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* **110**: 33-38.

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2012) Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 1: 12-15.

60235 0024

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2016) Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* **45**: 701-708.

Tsiafouli, M.A., E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C. de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett, M.V. Brady, L. Bjornlund, H.B. Jørgensen, S. Christensen, T. D' Hertefeldt, S. Hotes, W.H.G. Hol, J. Frouz, M. Liiri, S.R. Mortimer, H. Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V. Wolters & K. Hedlund (2015) Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* **21**: 973-985.

Visscher, A., M. van Mullekom & F. Smolders (2018) Bodem- en hydrochemisch onderzoek landbouwpercelen Overlangbroek. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.

60235 0024

7. BIJLAGEN

Bijlage 1. Profielbeschrijvingen conform NEN5104 van de boorlocaties bij Reutum. Profielbeschrijvingen zijn opgesteld door ATKB (512a).

Legenda:

Legenda (conform NEN 5104)

grind
- Grind, siltig
- Grind, zwak zandig
- Grind, matig zandig
- Grind, sterk zandig
- Grind, uiterst zandig

zandtest
- Zandtest, kleiig
- Zandtest, zwak siltig
- Zandtest, matig siltig
- Zandtest, sterk siltig
- Zandtest, uiterst siltig

veen
- Veen, mineraalarm
- Veen, zwak kleiig
- Veen, sterk kleiig
- Veen, zwak zandig
- Veen, sterk zandig

klei
- Klei, zwak siltig
- Klei, matig siltig
- Klei, sterk siltig
- Klei, uiterst siltig
- Klei, zwak zandig
- Klei, matig zandig
- Klei, sterk zandig

leem
- Leem, zwak zandig
- Leem, sterk zandig

overige toevoegingen
- zwak humeus
- matig humeus
- sterk humeus
- zwak grindig
- matig grindig
- sterk grindig

geur
- geen geur
- zwakke geur
- matige geur
- sterke geur
- uiterste geur

olie
- geen olie-water reactie
- zwakke olie-water reactie
- matige olie-water reactie
- sterke olie-water reactie
- uiterste olie-water reactie

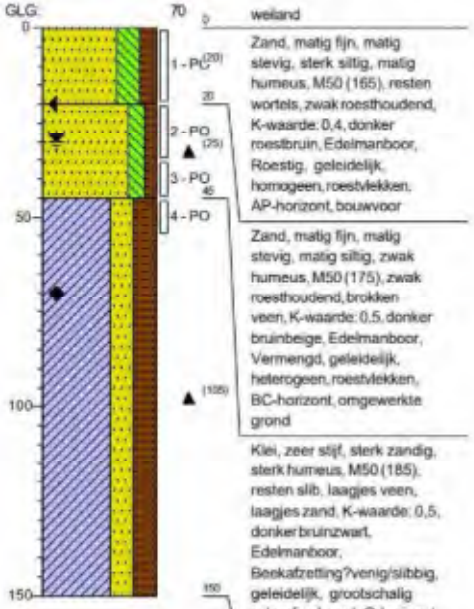
p.i.d.-waarde
- >0
- >1
- >10
- >100
- >1000
- >10000

monsters
- geroerd monster
- ongeroerd monster
- volumering

overig
- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand
- slib
- water

Boring: 1

X: 253828,00
Y: 489412,00
Datum: 16-3-2020
Boormeester: S.1.2e
GWS: 30
GHG: 20
GLG: 70



0 weiland

Zand, matig fijn, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, M50 (165), resten wortels, zwak roesthoudend, K-waarde: 0,4, donker roestbruin, Edelmanboor, Roestig, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, AP-horizont, bouwvoor

20

45

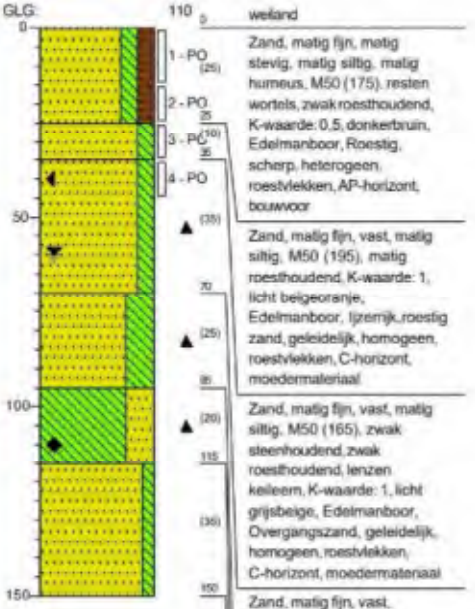
Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, zwak humeus, M50 (175), zwak roesthoudend, brokken veen, K-waarde: 0,5, donker bruinbeige, Edelmanboor, Vermengd, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, BC-horizont, omgewerkte grond

150

Klei, zeer stijf, sterk zandig, sterk humeus, M50 (185), resten slib, laagjes veen, laagjes zand, K-waarde: 0,5, donker bruinzwart, Edelmanboor, Beekafzetting?venig/slibbig, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, O-horizont, Slootvulling

Boring: 2

X: 253874,00
Y: 489240,00
Datum: 16-3-2020
Boormeester: S.1.2e
GWS: 60
GHG: 40
GLG: 110



0 weiland

Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (175), resten wortels, zwak roesthoudend, K-waarde: 0,5, donkerbruin, Edelmanboor, Roestig, scherp, heterogeen, roestvlekken, AP-horizont, bouwvoor

25
35

Zand, matig fijn, vast, matig siltig, M50 (195), matig roesthoudend, K-waarde: 1, licht beigeoranje, Edelmanboor, Ijzerrijk, roestig zand, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, C-horizont, moedermateriaal

70
85

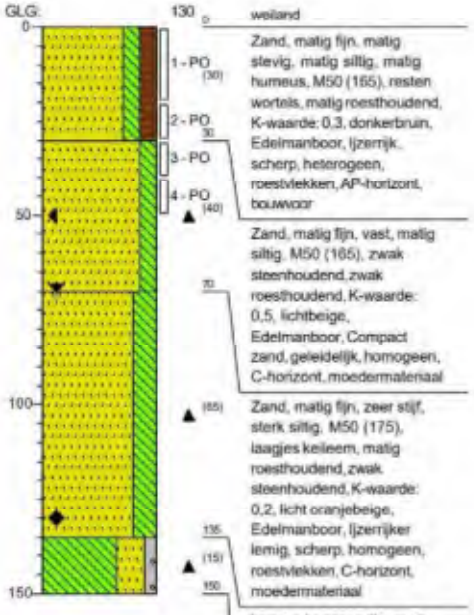
Zand, matig fijn, vast, matig siltig, M50 (165), zwak steenhoudend, zwak roesthoudend, lenzen keileem, K-waarde: 1, licht grijsbeige, Edelmanboor, Overgangszand, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, C-horizont, moedermateriaal

115
150

Zand, matig fijn, vast, uiterst siltig, M50 (175), laagjes keileem, matig roesthoudend, K-waarde: 0,3, licht roestoranje, Edelmanboor, Roestig keileem, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, C-horizont, moedermateriaal, keileem

Boring: 3

X: 253810,00
Y: 489171,00
Datum: 16-3-2020
Boormeester: S.1.2e
GWS: 70
GHG: 50
GLG: 130



0 weiland

Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (165), resten wortels, matig roesthoudend, K-waarde: 0,3, donkerbruin, Edelmanboor, Ijzerrijk, scherp, heterogeen, roestvlekken, AP-horizont, bouwvoor

30

Zand, matig fijn, vast, matig siltig, M50 (165), zwak steenhoudend, zwak roesthoudend, K-waarde: 0,5, lichtbeige, Edelmanboor, Compact zand, geleidelijk, homogeen, C-horizont, moedermateriaal

70

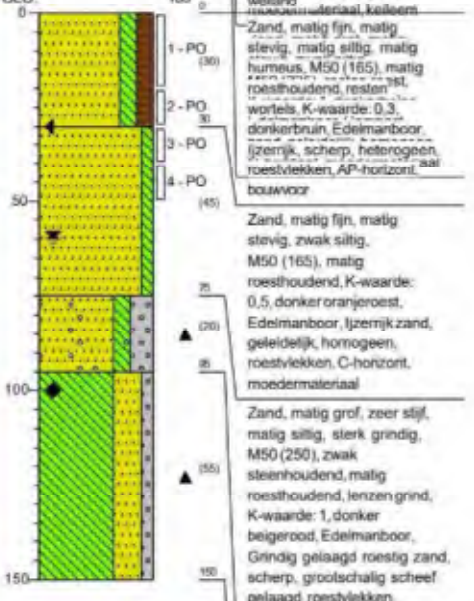
Zand, matig fijn, zeer stijf, sterk siltig, M50 (175), laagjes keileem, matig roesthoudend, zwak steenhoudend, K-waarde: 0,2, licht oranjebeige, Edelmanboor, Ijzerrijker lemig, scherp, homogeen, roestvlekken, C-horizont, moedermateriaal

135
150

Leem, uiterst zandig, zwak grindig, M50 (195), sterk keileemhoudend, zwak steenhoudend, K-waarde: 0,01, donker blauwgroen, Edelmanboor, Gereduceerd keileem, geleidelijk, homogeen, C-horizont, moedermateriaal, keileem

Boring: 4

X: 253858,00
Y: 489140,00
Datum: 16-3-2020
Boormeester: S.1.2e
GWS: 60
GHG: 30
GLG: 100



Leem, zeer stijf, uiterst zandig, M50 (175), laagjes keileem, K-waarde: 0,1, donker blauwgrijs, Edelmanboor, Gereduceerd keileem, geleidelijk, homogeen, C-horizont, moedermateriaal, keileem

0 weiland

Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (165), matig roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 0,3, donkerbruin, Edelmanboor, Ijzerrijk, scherp, heterogeen, roestvlekken, AP-horizont, bouwvoor

30

Zand, matig fijn, matig stevig, zwak siltig, M50 (165), matig roesthoudend, K-waarde: 0,5, donker oranjeroest, Edelmanboor, Ijzerrijk zand, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, C-horizont, moedermateriaal

75
85

Zand, matig grof, zeer stijf, matig siltig, sterk grindig, M50 (250), zwak steenhoudend, matig roesthoudend, lenzen grind, K-waarde: 1, donker beigerood, Edelmanboor, Grindig gelaagd roestig zand, scherp, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, C-horizont, moedermateriaal

150

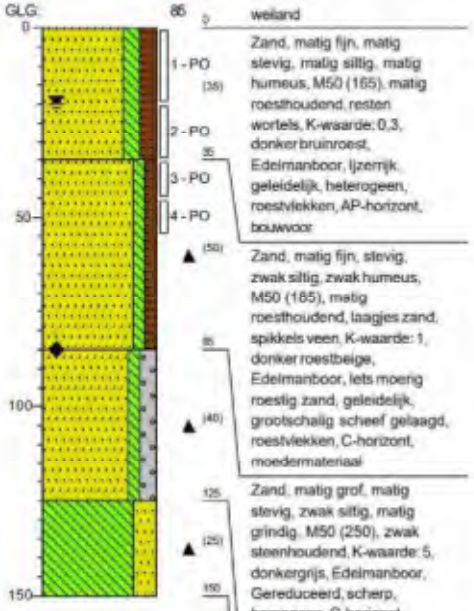
Leem, uiterst zandig, zwak grindig, M50 (195), resten keileem, K-waarde: 0,05, donker groengrijs, Edelmanboor, Zandig keileem, gereduceerd, geleidelijk, homogeen, C-horizont, moedermateriaal, keileem

Projectcode: PR-20.028

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek Reutum

Boring: 5

X: 253794,00
Y: 488044,00
Datum: 16-3-2020
Boormeester: 5.1.2e
GWS: 20
GHG: 0
GLG: 85



0 weiland

Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (165), matig roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 0,3, donker bruinroest, Edelmanboor, ijzerrijk, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, AP-horizont, bouwvoor

35 (50)

Zand, matig fijn, stevig, zwak siltig, zwak humeus, M50 (165), matig roesthoudend, laagjes zand, spikkels veen, K-waarde: 1, donker roestbeige, Edelmanboor, lets moerig roestig zand, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, C-horizont, moedermateriaal

85 (40)

Zand, matig grof, matig stevig, zwak siltig, matig grindig, M50 (250), zwak steenhoudend, K-waarde: 5, donkergrijs, Edelmanboor, Gereduceerd, scherp, homogeen, C-horizont, moedermateriaal

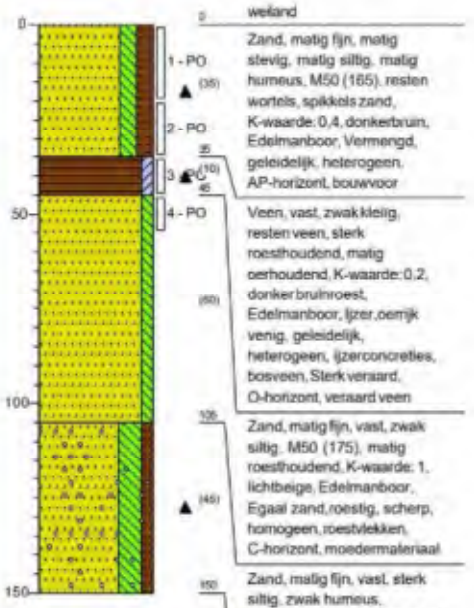
125 (25)

150

Leem, zeer stijf, sterk zandig, M50 (195), zwak steenhoudend, sterk keileemhoudend, K-waarde: 0,01, donker blauwgroen, Edelmanboor, Keileem, geleidelijk, homogeen, C-horizont, moedermateriaal, keileem

Boring: 6

X: 253568,00
Y: 488912,00
Datum: 16-3-2020



0 weiland

Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (165), resten wortels, spikkels zand, K-waarde: 0,4, donkerbruin, Edelmanboor, Vermengd, geleidelijk, heterogeen, AP-horizont, bouwvoor

35 (10) 45

Veen, vast, zwak kleiig, resten veen, sterk roesthoudend, matig oerhoudend, K-waarde: 0,2, donker bruinroest, Edelmanboor, ijzer,oerrijk venig, geleidelijk, heterogeen, ijzerconcreties, bosveen, Sterk verzand, O-horizont, verzand veen

(60)

105 (45)

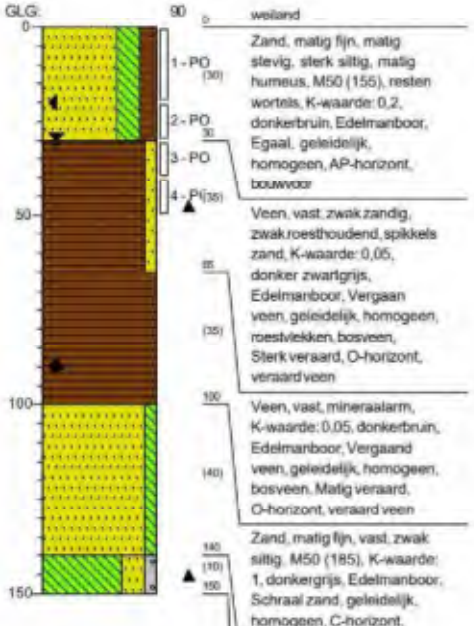
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, M50 (175), matig roesthoudend, K-waarde: 1, lichtbeige, Edelmanboor, Egaal zand,roestig, scherp, homogeen, roestvlekken, C-horizont, moedermateriaal

150

Zand, matig fijn, vast, sterk siltig, zwak humeus, M50 (165), insluitingen grind, zwak steenhoudend, spikkels keileem, K-waarde: 0,5, donkergrijs, Edelmanboor, Moerig gelaagd zand, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, C-horizont, moedermateriaal

Boring: 7

X: 253553,00
Y: 488993,00
Datum: 16-3-2020
Boormeester: 5.1.2e
GWS: 30
GHG: 20
GLG: 90



0 weiland

Zand, matig fijn, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, M50 (155), resten wortels, K-waarde: 0,2, donkerbruin, Edelmanboor, Egaal, geleidelijk, homogeen, AP-horizont, bouwvoor

30 (35)

Veen, vast, zwak zandig, zwak roesthoudend, spikkels zand, K-waarde: 0,05, donker zwartgrijs, Edelmanboor, Vergaan veen, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, bosveen, Sterk verzand, O-horizont, verzand veen

85 (35)

100 (40)

Veen, vast, mineraalarm, K-waarde: 0,05, donkerbruin, Edelmanboor, Vergaand veen, geleidelijk, homogeen, bosveen, Matig verzand, O-horizont, verzand veen

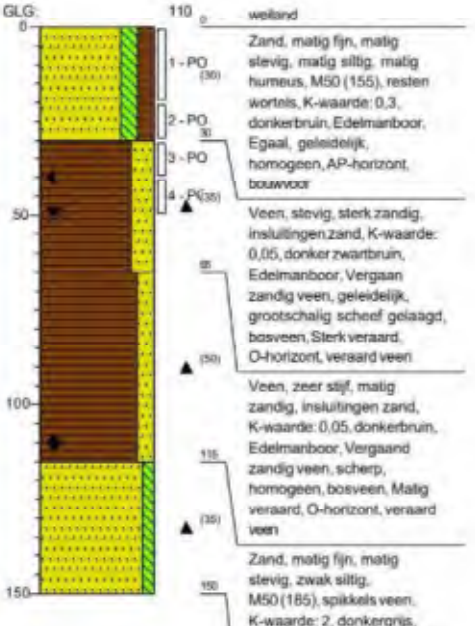
140 (10) 150

Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, M50 (185), K-waarde: 1, donkergrijs, Edelmanboor, Schraal zand, geleidelijk, homogeen, C-horizont, moedermateriaal

Leem, vast, sterk zandig, zwak grindig, zwak steenhoudend, sterk keileemhoudend, K-waarde: 0,01, donker blauwgroen, Edelmanboor, Zandig keileem, geleidelijk, homogeen, C-horizont, moedermateriaal, keileem

Boring: 8

X: 253492,00
Y: 489092,00
Datum: 16-3-2020
Boormeester: 5.1.2e
GWS: 50
GHG: 40
GLG: 110



0 weiland

Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (155), resten wortels, K-waarde: 0,3, donkerbruin, Edelmanboor, Egaal, geleidelijk, homogeen, AP-horizont, bouwvoor

30 (35)

Veen, stevig, sterk zandig, insluitingen zand, K-waarde: 0,05, donker zwartbruin, Edelmanboor, Vergaan zandig veen, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, bosveen, Sterk verzand, O-horizont, verzand veen

85 (50)

Veen, zeer stijf, matig zandig, insluitingen zand, K-waarde: 0,05, donkerbruin, Edelmanboor, Vergaand zandig veen, scherp, homogeen, bosveen, Matig verzand, O-horizont, verzand veen

135 (35)

Zand, matig fijn, matig stevig, zwak siltig, M50 (185), spikkels veen, K-waarde: 2, donkergrijs, Edelmanboor, Schraal zand, geleidelijk, homogeen, C-horizont, moedermateriaal

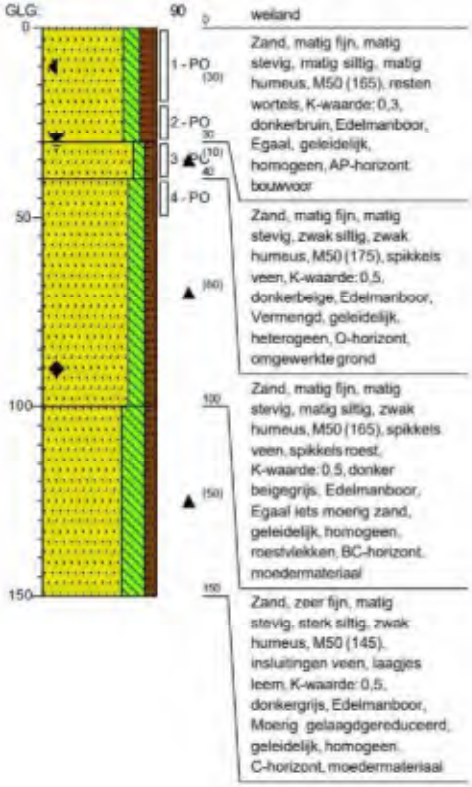
150

Projectcode: PR-20.026

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek Reutum

Boring: 9

X: 253410,00
Y: 489169,00
Datum: 16-3-2020
Boormeester: S.1.2e
GWS: 30
GHG: 10
GLG: 90



0 weiland

Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (165), resten wortels, K-waarde: 0,3, donkerbruin, Edelmanboor, Egaal, geleidelijk, homogeen, AP-horizont, bouwvoor

30

40

Zand, matig fijn, matig stevig, zwak siltig, zwak humeus, M50 (175), spikkels veen, K-waarde: 0,5, donkerbeige, Edelmanboor, Vermengd, geleidelijk, heterogeen, O-horizont, omgewerkte grond

100

Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, zwak humeus, M50 (165), spikkels veen, spikkels roest, K-waarde: 0,5, donker beigegrijs, Edelmanboor, Egaal iets moerig zand, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, BC-horizont, moedermateriaal

150

Zand, zeer fijn, matig stevig, sterk siltig, zwak humeus, M50 (145), insluitingen veen, laagjes leem, K-waarde: 0,5, donkergrijs, Edelmanboor, Moerig gelaagdgereduceerd, geleidelijk, homogeen, C-horizont, moedermateriaal

www.b-ware.eu

BemestingsWijzer
Grasland
staatsbosb. 9

Uw klantnummer: 8957924

Provincie Overijssel
Eenheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice.agro@eurofins.com
I www.eurofins-agro.com

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
	749822/005364686	07-04-2021	14-04-2021
	inkoopd.4500018209		

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	2770	1390 - 2020					
	C/N-ratio		14	13 - 17					
	N-leverend vermogen	kg N/ha	140	95 - 145					
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	7	20 - 30					
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	495	250 - 350					
	C/S-ratio		80	50 - 75					
	S-leverend vermogen	kg S/ha	11	20 - 30					
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	< 0,4	2,7 - 4,0					
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	20	145 - 215					
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	45	95 - 135					
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	105	75 - 125					
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	10	90 - 210					
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	345	465 - 700					
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	45	110 - 165					
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	45	35 - 135					
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	10	65 - 105					
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	15	30 - 45					
Fysisch	Zuurgraad (pH)		4,3	5,0 - 5,7					
	C-organisch	%	3,2						
	Organische stof	%	5,8						
	C/OS-ratio		0,55	0,45 - 0,55					
	Koolzure kalk	%	0,3	2,0 - 3,0					
	Klei (<2 µm)	%	2						
	Silt (2-50 µm)	%	15						
	Zand (>50 µm)	%	77						
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	34	> 67					
	CEC-bezetting	%	58	> 95					
	Ca-bezetting	%	41	75 - 85					
	Mg-bezetting	%	8,5	6,0 - 10					
	K-bezetting	%	6,5	2,0 - 5,0					
	Na-bezetting	%	1,5	1,0 - 1,5					
	H-bezetting	%	1,8	< 1,0					
	Al-bezetting	%	12	< 1,0					

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0				
Verslemping	rapportcijfer	8,2	6,0 - 8,0				

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch	Vochthoudend vermogen	mm	22						
	Microbiële biomassa	mg C/kg	418	290 - 870					
	Microbiële activiteit	mg N/kg	65	125 - 175					
	Schimmel/bacterie-ratio		0,4	0,7 - 1,0					

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

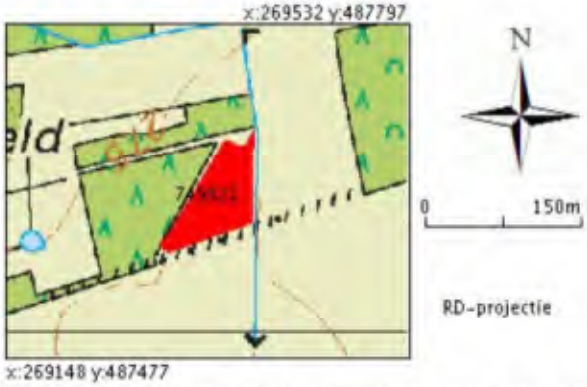
Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 4	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-$CaCl_2$)	= < 0,3	mg P/kg
Pw-getal	= 2	mg P_2O_5/l



Hoekpunten perceel: 269385 487696, 269379 487687, 269377 487681, 269370 487680, 269363 487686, 269357 487686, 269305 487598, 269294 487585, 269299 487579, 269304 487577, 269381 487604, 269384 487607, 269385 487666, 269385 487696

Vanwege ruimtegebrek is het mogelijk dat niet alle coordinaten van de vastgelegde hoekpunten van het perceel op dit verslag zijn weergegeven. Deze zijn echter wel opgeslagen in onze database.

staatsbosb. 9

Advies **Stikstof (N)** **2021 t/m 2024**

	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	345	zeer licht weiden	< 1000	53	14	11	11	13	12	12
		licht weiden	1000 - 1500	74	21	31	31	29	26	23
		normaal weiden	1500 - 2000	90	48	49	49	42	36	32
		licht maaien	2000 - 2500	104	71	64	64	52	43	
		normaal maaien	2500 - 3000	114	93	77	77	59		
		zwaar maaien	> 3000	120	111	87	87			
		standweiden		74	-	52	40	42	32	32

		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	2021 1e snede	2021 volgende snedes	2022 t/m 2024 1e snede	2022 t/m 2024 volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	0 (2e snede)	35	0 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		110	10 (eenmalig)	110	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		110	20 (eenmalig)	110	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	110	20	110	20
		normaal maaien	> 2500	110	25	110	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		100	15 (eenmalig)	100	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		100	85 (eenmalig)	100	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	140	70	140	70
		normaal maaien	> 2500	180	100	180	100

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	130	130	130	130

		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	2021 1e snede	2021 volgende snedes	2022 t/m 2024 1e snede	2022 t/m 2024 volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)			100	100 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)			5	5 (eenmalig)	5	5 (eenmalig)

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	1465	-	-	-
		Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 135			

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	0
	Calcium (CaO)	eenmalig	465
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
Als na toediening van dierlijke mest nog 20 tot 25 kg fosfaat voor de eerste snede nodig is, dan kunt u deze aanvulling met kunstmest om praktische redenen achterwege laten. Tel de 'te weinig' gegeven fosfaat op bij de gift voor de volgende snede.
De P-buffering is 13 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 11

Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

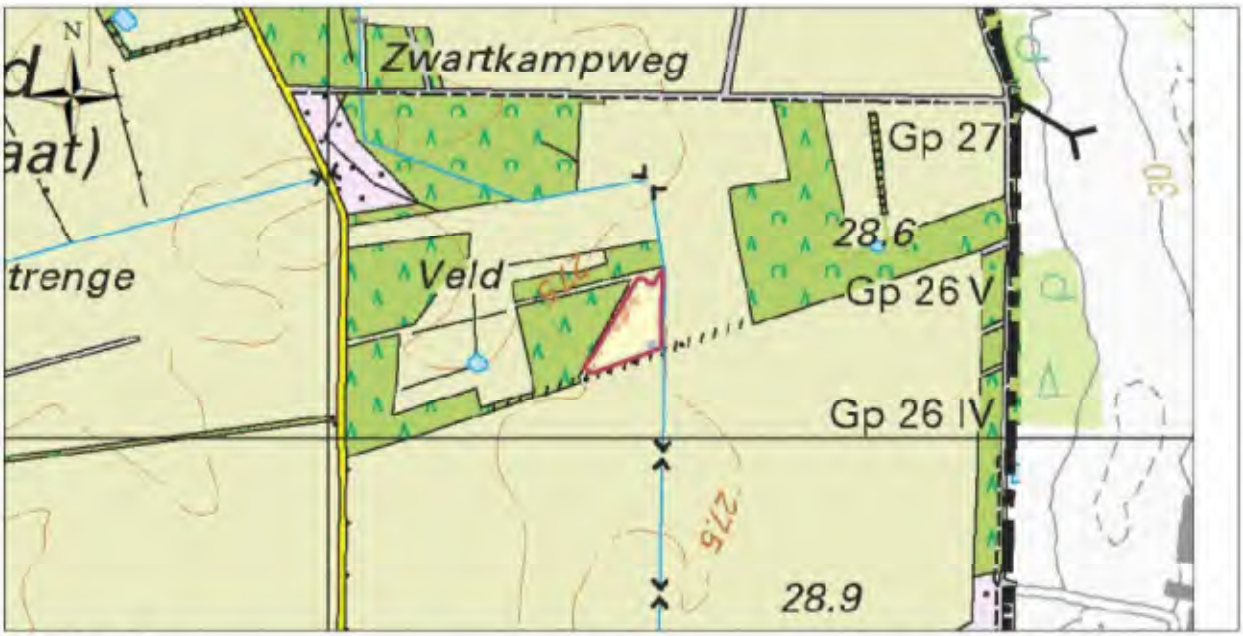
Magnesium:
Magnesium (Mg) is van belang voor opbrengst van gras, maar de Mg-voorziening moet tevens in orde zijn om het risico op kopziekte te voorkomen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.
Op blijvend grasland moet u bij voorjaarsaanwending de kalkgift over twee jaren verdelen.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

staatsbosb. 9

Bontheid



Legenda

Schaal: 1:5,000

Bodemscout

Gewasproductie

- Boven gemiddeld
- Gemiddeld
- Onder gemiddeld

Percelen

- Bemonsterd perceel
- Gewasperceel
- Perceelsvlak
- Bodemscoutvlak

Datum: 09-04-2021 Tijd: 16:48:29

BodemScout toont - gebaseerd op 9 jaar satellietbeelden - de structurele verschillen binnen een gewasperceel; waar deed het gewas het gemiddeld beter en waar slechter? Geeft de BodemScout aan dat uw perceel heel heterogeen is, dan kunt u eerst onderzoeken waardoor de verschillen veroorzaakt worden (zoals structuur, vochtbinding, (schadelijk) bodemleven, tekort aan nutriënten, pH-toestand) en vervolgens uw management aanpassen aan deze informatie.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Organische stof

Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 2,6

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Netto toename van effectieve organische stof.

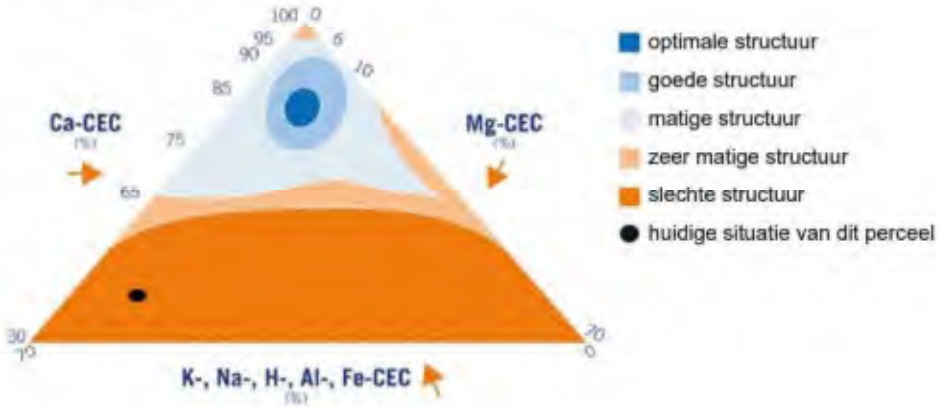
Figuur: Kwaliteit van de organische stof

Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek



staatsbosb. 9

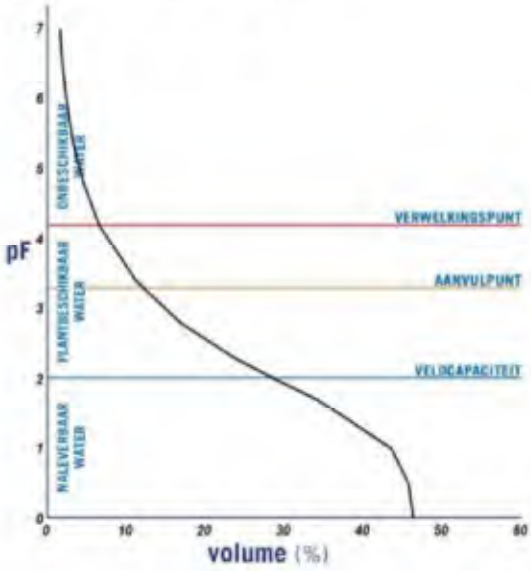
Fysisch

Figuur: Textuurdriehoek

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 22 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 12,2 % vocht zit en geef dan 17 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Lemig zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, 5.1.2e
Contactpersoon monstername:	5.1.2e 5.1.2e
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Precisiemonster, <1 ha

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Methode		Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse resultaten	N-totale bodemvoorraad	2220	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	S-plantbeschikbaar	5,6	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
	S-totale bodemvoorraad	395	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	P-plantbeschikbaar	< 0,3	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	P-bodemvoorraad	4	mg P_2O_5/100 g	PAL1: Gw NEN 5793	Q
	K-plantbeschikbaar	36	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	K-bodemvoorraad	2,2	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-plantbeschikbaar	0,1	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-bodemvoorraad	18	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Mg-plantbeschikbaar	35	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Mg-bodemvoorraad	2,9	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Na-plantbeschikbaar	8	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Na-bodemvoorraad	0,5	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Zuurgraad (pH)	4,3		Em: NIRS (TSC®)	
	C-organisch	3,2	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	Organische stof	5,8	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	C-anorganisch	0,04	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Koolzure kalk	0,3	%		
	Klei (<2 µm)	2	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Silt (2-50 µm)	15	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Zand (>50 µm)	77	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei-humus (CEC)	34	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële biomassa	418	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële activiteit	65	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Schimmel biomassa	61	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Bacteriële biomassa	164	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform
P-bodemvoorraad Deze analyse is in duplo uitgevoerd.

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
Het monster is geanalyseerd in het Eurofins Agro laboratorium in Wageningen, tenzij anders is vermeld.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 08-04-2021

RAPPORT

Kansrijkdom ontwikkeling stikstofgevoelige habitattypen in bufferzone oost Engbertsdijksvenen

Klant: Staatsbosbeheer

Referentie: BI1712-WM-RP-220131-1051
Status: Definitief/00
Datum: 31-1-2022

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

George Hintzenweg 85
3068 AX Rotterdam
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

+31 88 348 90 00 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document:	Kansrijkdom ontwikkeling stikstofgevoelige habitattypen in bufferzone oost Engbertsdijksvenen
Ondertitel:	Kansrijkdom stikstofgevoelige habitattypen Engbertsdijksvenen
Referentie:	BI1712-WM-RP-220131-1051
Status:	00/Definitief
Datum:	31-1-2022
Projectnaam:	Kansrijkdom stikstofgevoelige habitattypen Engbertsdijkvenen
Projectnummer:	BI1712
Auteur(s):	5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e
Opgesteld door:	5.1.2e, 5.1.2e
Gecontroleerd door:	5.1.2e
Datum:	15-12-2021
Goedgekeurd door:	5.1.2e
Datum:	31-01-2022

Classificatie
Vertrouwelijk

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Royal HaskoningDHV

Inhoud

1	**Inleiding**	**1**
2	**Aanpak**	**2**
3	**Beschrijving varianten**	**3**
3.1	Grote buffer (2018)	3
3.2	Variant 2020 (zonder mitigatie)	5
4	**Analyse**	**7**
4.1	Selectie habitattypen en leefgebieden	7
4.2	Bepalen randvoorwaarden	7
4.3	Standplaatscondities in het onderzoeksgebied	9
4.4	Doorwerking scenario's op de standplaatscondities	12
5	**Resultaten**	**16**
5.1	Variant 2020	16
5.2	Variant Grote buffer (2018)	19
5.3	Samenvattende conclusies	22
5.4	Effecten op N2000-gebied Engbertsdijksvenen	23
5.5	Aanbevelingen en ontbrekende informatie	25
Referenties		**26**
Bijlagen		**27**
GVG en GLG voor scenario's 'Grote buffer (2018)' en 'Variant 2020'		1
Potenties voor habitattypen in scenario 'Grote buffer (2020)'.		3
Potenties voor habitattypen in scenario 'Variant 2020'.		10

Royal HaskoningDHV

1 Inleiding

In het kader van de Pilot Natuurbank is Staatsbosbeheer op zoek naar een aantal locaties waar stikstofgevoelige habitattypen ontwikkeld kunnen worden. Bij deze zoektocht wordt zoveel mogelijk aangesloten bij lopende gebiedsprocessen en kansen die zich voordoen voor het realiseren van meerdere beleidsdoelstellingen. De te realiseren habitats in het kader van de Natuurbank moeten bijdragen aan de versterking van het natuurnetwerk en de kwaliteit van N2000 gebieden en daarbinnen gelegen habitats. Primair zijn de locaties nodig voor de toekomstige compensatie van stikstof die veroorzaakt wordt door uitvoering van projecten die van groot openbaar belang zijn en derhalve ADC-toets plichtig zijn. Die koppeling tussen de gerealiseerde natuur en de stikstof genererende projecten wordt pas later gelegd. De Natuurcompensatiebank voorziet in het vooraf klaar leggen van kwalificerende natuur.

Uit een voorstudie blijkt dat alle stikstofgevoelige habitats verspreid over het gehele land, in de toekomst in meer of mindere mate geraakt worden door de negatieve invloed van extra stikstofbelasting. Daarom wordt vanuit de pilot ingestoken op realisatie van verschillende stikstofgevoelige habitattypen verspreid door het land. Ook stikstofgevoelige leefgebieden kunnen in de natuurbank worden opgenomen. Het gaat in eerste instantie om alle stikstofgevoelige habitattypen. Het spreekt echter voor zich dat de mate van stikstofgevoeligheid ook een rol speelt.

In de zoektocht naar geschikte locaties voor de ontwikkeling van stikstofgevoelige habitats is de oostflank van Engbertsdijksvenen in beeld gekomen. Aan die oostkant is in het kader van het hoogveenherstel N2000 een hydrologische buffer voorzien. Er is echter niet gekeken of in deze buffer ook kansen aanwezig zijn voor ontwikkeling van stikstofgevoelige habitattypen. Op basis van expertoordeel van Staatsbosbeheer lijkt het gebied kansrijk, mits de juiste randvoorwaarden (op het gebied van o.a. waterkwaliteit en voedingstoestand van de bodem) gecreëerd kunnen worden, binnen de hydrologische voorwaarden die de bufferfunctie stelt.

In deze bufferzone liggen mogelijk kansen door extra maatregelen te treffen die eerder niet voorzien zijn. Door die extra maatregelen verandert de functie en effectiviteit als bufferzone niet, maar kunnen er wel kwalificerende habitattypen / leefgebieden tot ontwikkeling komen. Uitgangspunt daarbij is dat een dergelijke extra inrichting niet nadelig mag zijn voor de N2000 doelen in het gebied (zowel Habitatrichtlijn als Vogelrichtlijn). De te ontwikkelen natuur moet extra zijn ten opzichte van de doelen die opgenomen zijn in het N2000 beheerplan, doelendocument en het aanwijzingsbesluit. Een meer natuurlijke inrichting van de buffer draagt naar verwachting ook bij aan de ecologische doelstellingen binnen het N2000 gebied.

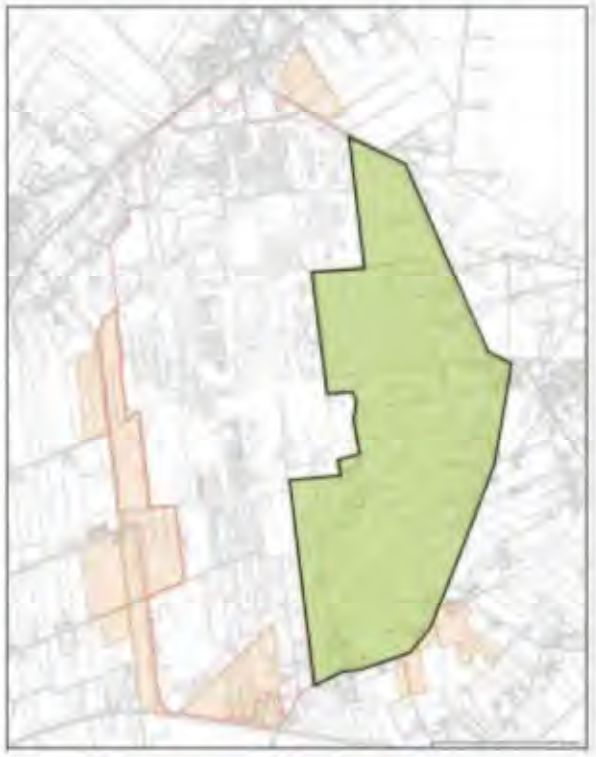
Staatsbosbeheer heeft Royal HaskoningDHV gevraagd om een haalbaarheidsonderzoek in het kader van de Pilot Natuurbank, gericht op de potenties voor ontwikkeling van (stikstofgevoelig) habitat in de (toekomstige) bufferzone oostelijk van Engbertsdijksvenen. Staatsbosbeheer vraagt om advies, op basis van de huidige beschikbare informatie, waar kansen liggen voor realisatie van stikstofgevoelige habitattypen op deze plek en wat er nog extra voor nodig is bovenop de maatregelen die voorzien zijn om het gebied in te richten als hydrologische buffer voor het N2000 gebied. Omdat er mogelijk ook kansen zijn buiten de bufferzone, is het onderzoeksgebied voor deze opdracht groter dan enkel de percelen die binnen de bufferzone zijn opgenomen.

Royal HaskoningDHV

2 Aanpak

Deze analyse is uitgevoerd op basis van bestaande informatie over het onderzoeksgebied zoals dat is aangegeven door Staatsbosbeheer (Figuur 2-1). De door Staatsbosbeheer aangeleverde, bestaande informatie betreft de resultaten van de grondwatermodellering door Tauw (Capel et al. 2020; M. Steenvoorden & E. Beije 2020), bodemkarteringen (Maris & Roeloffzen 1978; Rozendaal et al. 2017), het advies van de commissie van deskundigen (Jansen et al. 2013), de ecologische verkenning (ter Steege et al. 2015), de effectrapportage (van der Toorn et al. 2012), peilbuisgegevens en een verkennend veldbezoek.
Deze analyse is vooral gebaseerd op de resultaten uit de grondwatermodellering en de resultaten uit de bodemkartering uit 2017. De resultaten uit deze rapportages bepalen in hoofdzaak de verwachte standplaatscondities voor stikstofgevoelige habitats in het onderzoeksgebied.

Voor de analyse beschouwen we twee varianten; de grote buffer (2018) en variant 2020 (zonder mitigatie). Deze zijn nader beschreven in hoofdstuk 3.



Figuur 2-1. Onderzoeksgebied conform de vraag van Staatsbosbeheer

Voor de analyse (uitgewerkt in hoofdstuk 4) zijn op hoofdlijnen de volgende stappen doorlopen:

- Selectie habitattypen/leefgebieden;
- Bepalen randvoorwaarden habitattypen/leefgebieden;
- Bepalen standplaatscondities;
- Confrontatie standplaatscondities op basis van beschikbare informatie en randvoorwaarden habitattypen/leefgebieden en bepalen benodigde maatregelen.

Royal HaskoningDHV

3 Beschrijving varianten

In deze analyse worden op verzoek van Staatsbosbeheer twee onderscheidende varianten in beschouwing genomen met duidelijk verschillende uitkomsten in de hydrologische modelberekeningen.

3.1 Grote buffer (2018)

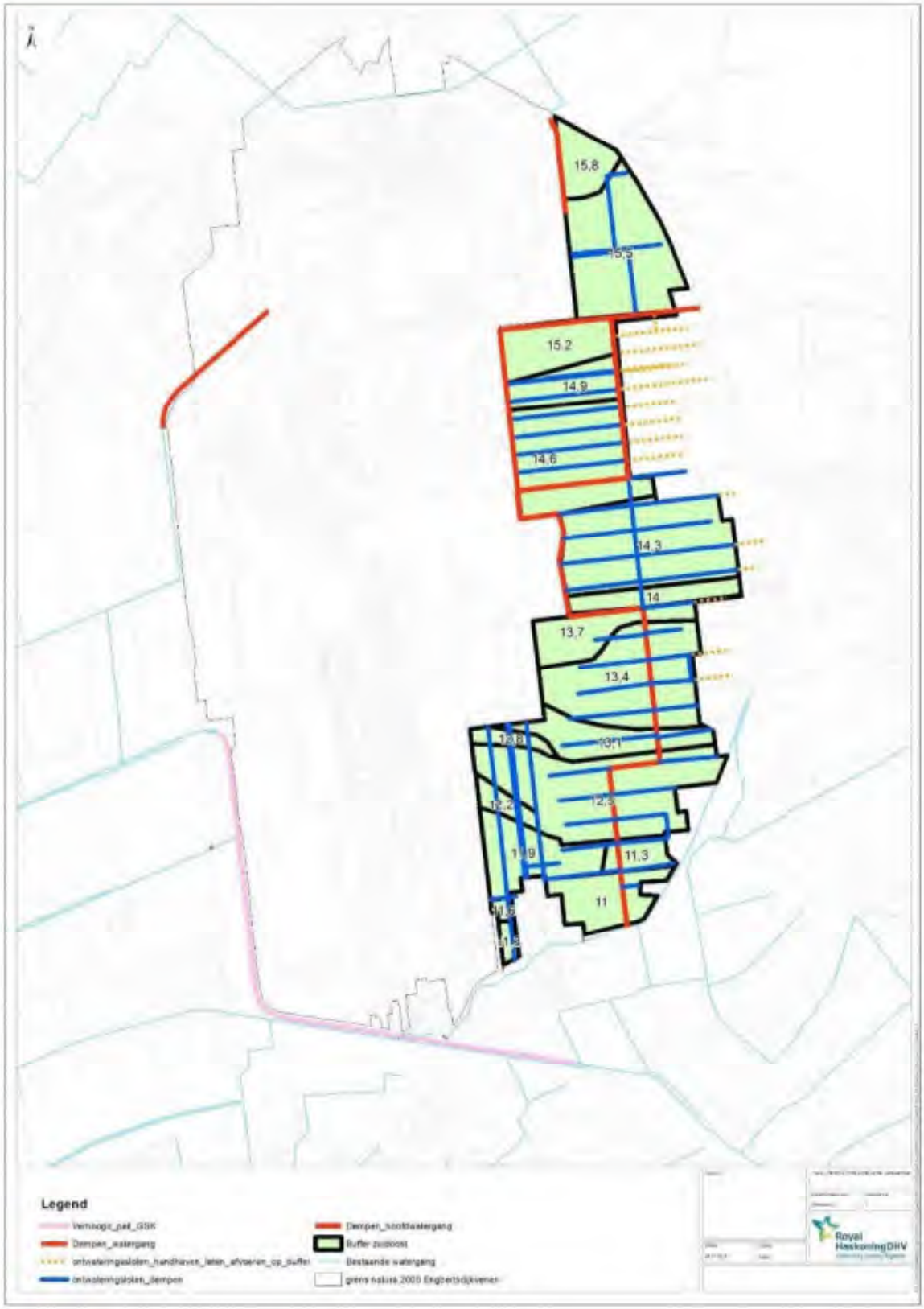
De externe maatregelen (i.e. maatregelen buiten het Natura 2000 gebied) voor de variant Grote Buffer (2018) zijn weergegeven in Figuur 3-1. De omvang van de Grote buffer aan de oostzijde van Engbertsdijksvenen beslaat circa 70% van het onderzoeksgebied.
Naast de externe maatregelen worden ook maatregelen binnen het Natura 2000-gebied genomen, die voor beide varianten gelijk zijn en (zoveel mogelijk) zijn meegenomen in de modelberekeningen door Tauw. Deze interne maatregelen worden hier niet verder toegelicht.

De externe maatregelen voor Grote Buffer (2018) bestaan uit de volgende onderdelen:
1. Buffer zuidoost;
2. Peilverhoging Geesters Stroomkanaal;
3. Dempen deel Schipsloot.

Buffer zuidoost
In deze variant is een buffer voorzien aan de oostzijde van Engbertsdijksvenen die doorloopt vanaf de Groenedijk in het noorden tot aan de Oude Hoevenweg in het zuiden. Alle watergangen en ontwateringsloten in de buffer worden gedempt. De buffer is opgeknipt in compartimenten om het hemelwater vast te kunnen houden en om te voorkomen dat het gelijk afwatert naar het laagste punt in de buffer. Elk compartiment heeft een peil toegekend gekregen. Pas wanneer het water op maaiveld boven dit peil komt gaat het compartiment afvoeren naar het lager gelegen compartiment. Het betreft plasvorming zonder wateraanvoer. De ontwateringssloten ten oosten van de buffer blijven afwateren op de buffer.

Peilverhoging Geesters Stroomkanaal
Het peil in het Geesters Stroomkanaal (GSK in Figuur 3-1) wordt over een traject van 3,6 kilometer vanaf het verdeelwerk aan de zuidoostzijde van de Engbertsdijksvenen tot aan gemaal Paterswal aan de westzijde, verhoogd naar NAP +11,20 m (huidige peil is NAP +10,35 m).

Dempen Schipsloot
De Schipsloot aan de noord westzijde van het gebied wordt gedempt.



Figuur 3-1. Externe maatregelen Grote Buffer (2018)

Royal HaskoningDHV

3.2 Variant 2020 (zonder mitigatie)

Figuur 3-2 geeft een overzicht van de externe maatregelen in Variant 2020 (zonder mitigatie). De omvang van de buffers in Variant 2020 beslaat circa 50% van het onderzoeksgebied.
Naast de externe maatregelen worden ook maatregelen genomen binnen het Natura 2000-gebied, die voor beide varianten gelijk zijn en zoveel mogelijk zijn meegenomen in de modelberekeningen door Tauw. Deze interne maatregelen worden hier niet verder toegelicht.

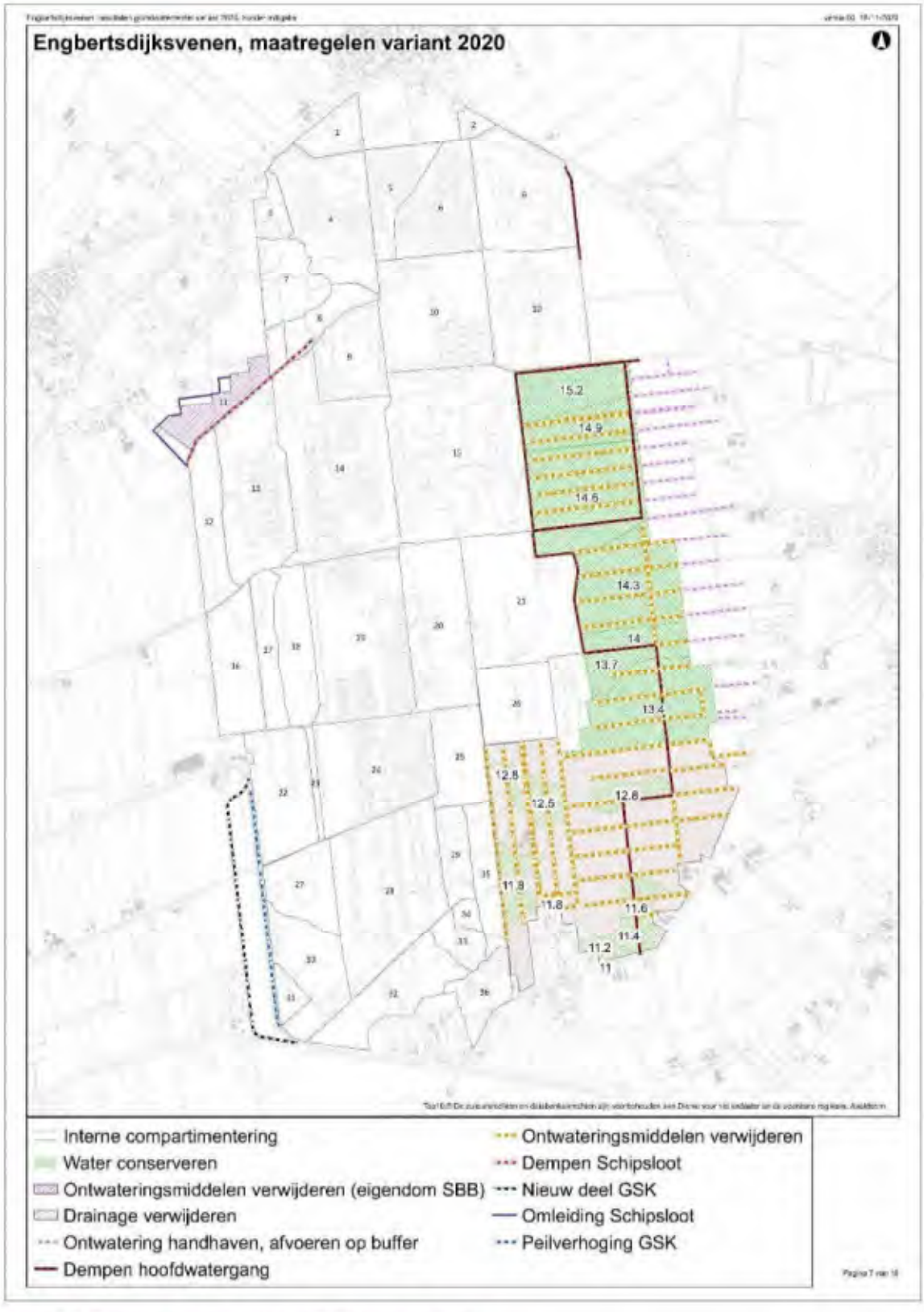
De externe maatregelen voor Variant 2020 zijn onderverdeeld in de volgende onderdelen:
1. Conserveringsbuffer noord;
2. Conserveringsbuffer zuid;
3. Peilverhoging Geesters Stroomkanaal;
4. Dempen deel Schipsloot.

Conserveringsbuffer Noord
Conserveringsbuffer Noord ligt aan de oostzijde van de Engbertsdijksvenen en bestaat uit het aaneengesloten groen gearceerde deel in Figuur 3-2. De hoofdwatergang wordt gedempt, evenals alle perceelsloten. Er wordt compartimentering aangebracht om het gebiedseigen water maximaal vast te houden.
De sloten aan de oostzijde van de buffer voeren af naar de buffer en krijgen dus hetzelfde peil als de buffer (of de bodemhoogte wanneer deze hoger is dan het peil in de buffer). De compartimentering bestaat uit drempels van ca. 0,3 m hoog, glooiend in het landschap. Het overtollige water wordt naar de conserveringsbuffer zuid geleid.

Conserveringsbuffer zuid
De conserveringsbuffer zuid ligt eveneens aan de oostzijde van de Engbertsdijksvenen en ligt ten zuiden van conserveringsbuffer noord (bruin en groen gearceerd in Figuur 3-2). In het gebied komen plekken met veen- en moerige gronden met hoge grondwaterstanden (grondwatertrap II en III). Deze veen- en moerige gronden liggen veelal lager dan de aangrenzende minerale gronden (podzolgronden). Deze lagere delen worden ingericht voor waterconservering, door middel van het aanleggen van drempels van ca. 0,3 m hoog (compartimenteren). Daarnaast worden in het gehele zuidoostelijke landbouwgebied de hoofdwatergangen en de perceelsloten gedempt en wordt alle drainage verwijderd.
In het gebied tussen de woningen aan de Oude Hoevenweg blijft het bestaande watersysteem gehandhaafd ten behoeve van de afwatering rondom de woningen.

Peilverhoging Geesters Stroomkanaal
Voor het Geesters Stroomkanaal (GSK in Figuur 3-2) aan de westkant van de Engbertsdijksvenen wordt een parallelkanaal gerealiseerd om de afvoer en aanvoer via het kanaal te kunnen waarborgen. Het parallelkanaal krijgt hetzelfde waterpeil als het huidige Geesters Stroomkanaal (NAP +10,35 m). Een deel van het huidige kanaal wordt aan de noord- en zuidzijde afgedamd en in peil opgezet. In dit afgedamde deel is het streefpeil NAP +11,2 m. Dit is een peilverhoging van 0,85 m t.o.v. de huidige situatie. Om de peilverhoging in het afgedamde deel te realiseren moet er vanuit het Geesters Stroomkanaal water in worden gepompt. Hier is dus sprake van wateraanvoer.

Dempen deel van de Schipsloot
Aan de noordwestzijde van Engbertsdijksvenen wordt een deel van de Schipsloot gedempt. Op de gronden van Staatsbosbeheer ten noorden van het te dempen deel van de Schipsloot worden de ontwateringsmiddelen verwijderd. Ten noorden en westen van de gronden van Staatsbosbeheer komt een deels) nieuwe waterloop om de afvoer van de gronden te waarborgen die nu afwateren via het te dempen deel van de Schipsloot.



Figuur 3-2. Externe maatregelen Variant 2020 (zonder mitigatie)

Royal HaskoningDHV

4 Analyse

4.1 Selectie habitattypen en leefgebieden

Engbertsdijkvenen ligt in het landschapstype 'Hoogvenen'. Een groot deel van onderzoeksgebied maakte daar vroeger deel van uit. Een lagg-zone vormde de overgang naar de 'Hogere zandgronden' (Jansen et al. 2013). Aan de hand van het Natura 2000 doelen-document (LNV 2006) is bepaald welke habitattypen en leefgebieden binnen het onderzoeksgebied passen en in deze analyse moeten worden meegenomen. Dat zijn de volgende typen:

- H7110A Actief hoogveen (hoogveenlandschap)
- H7120 Herstellend hoogveen
- H4010A Vochtige heide (hoge zandgronden)
- H4030 Droge heide
- H6230 Heischraal grasland
- LG04 Zuur ven (leefgebied van o.a. dodaars, geoorde fuut)
- LG09 Droog struisgrasland (leefgebied van o.a. boomleeuwerik, grauwe klauwier, nachtzwaluw, roodborsttapuit)

In de randzones van het hoogveen en in de overgangszone naar het natte zandlandschap passen ook de habitattypen:

- H3130 Zwakgebufferd ven
- H3160 Zuur ven
- H6410 Blauwgrasland
- H7210 Galigaanmoeras
- H91D0 Hoogveenbos

4.2 Bepalen randvoorwaarden

Uit Waternood terrestrisch 3.0.4 (Runhaar & Hennekens 2015), het Handboek Natuurdoeltypen (Bal et al. 2001) en de randvoorwaarden voor hoogveenherstel (van Duinen et al. 2011) zijn de standplaatsvereisten van bovengenoemde habitattypen en leefgebieden afgeleid. Het resultaat is opgenomen in Tabel 4-1.

Grondwaterregime en bodemtype
De relevante onderscheidende randvoorwaarde in deze analyse is het (grond-) waterregime (GVG en GLG). Omdat sommige habitattypen een behoorlijk brede definitie aan kwalificerende vegetatietypen kennen met een daarbij behorende brede range voor het grondwaterregime is voor deze analyse ingezoomd op de meest relevante vegetatietypen. Aanvullend is ook het bodemtype als onderscheidende randvoorwaarde meegenomen.
Met name voor H7110A Actief hoogveen en H7120 Herstellend hoogveen hebben we ons gericht op de randvoorwaarden voor kwalitatief goede, veenvormende vegetaties. De profielbeschrijving voor beide habitattypen omvat zeer diverse vegetatietypen. Voor veenvormende hoogveenvegetaties moeten de waterstands- fluctuaties beperkt zijn, daarom is aanvullend het criterium 'verschil GHG-GLG<30 cm' gebruikt (van Duinen et al. 2011).

Bodem- en grondwaterkwaliteit
Alhoewel bodem- en grondwaterkwaliteit van wezenlijk belang zijn voor het voorkomen van habitattypen, zijn ze in deze analyse niet onderscheidend. Dat is mede vanwege het voor deze analyse ontbreken van gebiedsdekkende gegevens met betrekking tot deze randvoorwaarden. Voor een deel weerspiegelt het bodemtype de bodem- en grondwaterkwaliteit. In Tabel 4-2 zijn deze standplaatscondities samengevat.

Royal HaskoningDHV

Tabel 4-1. Standplaatsvereisten habitattypen en leefgebieden. a1 en a2 zijn de buitengrenzen waaronder resp. waarboven het type niet kan voorkomen, b1 en b2 zijn knikpunten, waarboven resp. waaronder het type optimaal voorkomt

Habitat	Vegetatie	GVG_ A1	GVG_ B1	GVG_ B2	GVG_ A2	GLG_ A1	GLG_ B1	GLG_ B2	GLG_ A2	Bodemtype
H7110A	Veen-vormende vegetaties	-20	-5	0	25	-999	-999	30	55	Veenbodems
H7120	Veen-vormende vegetaties	-50	-20	0	25	-999	-999	30	55	Veen, eventueel moerige bodems
H4010A	11Aa02a, 11Aa02c, 11Aa02E	-10	-5	35	50	-999	-999	145	170	Veldpodzol-bodems
H4030	20Aa01	50	70	999	999	130	160	999	999	Podzolbodems
H3130	6Ab02, 6Ac01, 6Ac03	-999	-50	-20	-5	-999	-999	20	80	Natte laagtes in heidelandschap
H3160	10Aa01, 10Ab01	-150	-105	-10	0	-999	-999	20	40	Natte laagtes in heidelandschap
H6230 (matig droog-droog)	19Aa01	40	50	999	999	130	160	999	999	Podzolbodems, leemhoudend of aangerijkt door 'intensiever gebruik'.
H6230 (vochtig-nat)	19Aa02, SBB-19A-b	5	15	35	50	-999	-999	155	190	(veld)pod-zolbodems, leemhoudend of aangerijkt door 'intensiever gebruik'.
H7210	08Bd01	-100	-70	-20	0	-999	-999	20	50	Natte laagtes in heidelandschap
H6410	16Aa01b, 16Aa01c, 16Aa01d, 16Ab01	-10	-5	22	30	-999	-999	70	90	Beekeerd en gooreerd gronden
H91D0	40Aa01a, 40Aa02, 40Aa01b	-10	-5	15	30	-999	-999	40	60	Veen , in beekdalen regenwaterlens op beekdalflank.
LG04	10RG01	-999	-999	-15	0	-999	-999	0	25	Natte laagtes in heidelandschap
LG09	14Ba01, 14Bb01a	60	75	999	999	190	300	999	999	Podzolbodems

Voor de meeste habitattypen in het 'Hoogveenlandschap' en de typen in de overgang naar 'Nat zandlandschap' geldt in de regel dat deze alleen kunnen voorkomen op zeer voedselarme of eventueel matig voedselarme, zure of (evt.) matig zure standplaatsen. De habitattypen H3130, H6230 en H6410A kunnen ook voorkomen op meer gebufferde, licht tot matig voedselrijke standplaatsen. Het habitattype H7210 komt alleen voor op licht tot matig voedselrijke standplaatsen waar gebufferd grondwater toestroomt.

Royal HaskoningDHV

Tabel 4-2. Standplaatscondities voedselrijkdom en zuurgraad.

Habitattypen	Voedselrijkdom	Zuurgraad
H3160, H4010A, (LG04)	zeer voedselarm, evt. matig voedselarm	matig zuur, zuur, evt. zwak zuur
H7110A, H7120, H4030	zeer voedselarm, evt. matig voedselarm	zuur, evt. matig zuur
H91D0, (LG09)	zeer - matig voedselarm, evt. licht voedselrijk	zuur, evt. matig zuur
H3130	zeer voedselarm – matig voedselrijk	neutraal – matig zuur
H6230	matig voedselarm, licht voedselrijk, evt. matig voedselrijk of zeer voedselarm	zwak zuur, matig zuur, evt. neutraal - basisch
H6410	matig voedselarm, licht voedselrijk, evt. matig voedselrijk	zwak zuur, matig zuur, evt. neutraal
H7210	licht voedselrijk, matig voedselrijk	basisch – zwak zuur, evt. matig zuur

4.3 Standplaatscondities in het onderzoeksgebied

Het grondgebruik in het onderzoeksgebied is momenteel grotendeels agrarisch. Akkerbouw overwegend in het hoger gelegen noordelijk deel, en grasland in het zuidelijk deel van de bufferzone. De ontwatering van het gebied is afgestemd op het gebruik als landbouwgebied.

Bodemtypen

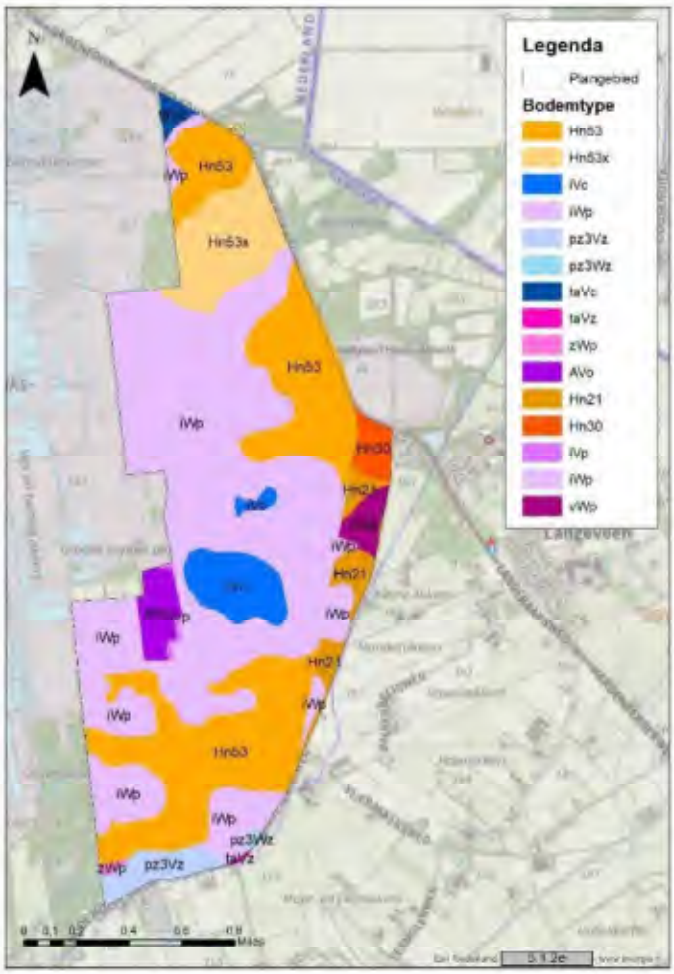
Door Aequator is een gedetailleerde bodemkartering uitgevoerd voor het onderzoeksgebied (Rozendaal et al. 2017). In Figuur 4-1 is deze bodemkartering weergegeven[1].

Veenkoloniale gronden en overgang naar de hogere zandgronden

Het grootste deel van het onderzoeksgebied is in de loop van de 20e eeuw ontgonnen, nadat het veen was afgegraven. In de lagere delen van het gebied komen overwegend moerpodzolgronden en soms veengronden voor met een veenkoloniaal dek (bodemcodes iWp, iVc en iVz in Figuur 4-1). Deze moerpodzolgronden zijn in de regel gediepploegd, gewoeld of diep verwerkt. De diepte van de bewerking varieert van 60 cm tot ruim 2 m. Bij deze diepe bewerkingen is zand naar boven gewerkt. In het veenkoloniale dek (de bovengrond) loopt het humusgehalte uiteen van 10 tot 25 %.
Met name in het noordoosten en op hogere ruggen in het zuiden van het onderzoeksgebied vinden we veldpodzolgronden (bodemcodes Hn53, Hn53x, Hn30 en Hn23 in Figuur 4-1). De veldpodzolgronden in het noordoosten markeren de overgang naar de 'Hogere zandgronden'. In een deel van dit gebied zit keileem ondiep in de ondergrond (Hn53x). In het zuiden zijn hogere zandruggen na ontginning van het veen tevoorschijn gekomen. Behalve de moerige gronden zijn ook veel veldpodzolgronden hier meer of minder gemengd en verwerkt. De bovengrond van de veldpodzolgronden is minder humusrijk dan de moerpodzolgronden, veelal minder dan 10 % organische stof.

[1] *De bodemkartering van Aequator dekt niet het hele onderzoeksgebied. Voor de gedeelten buiten deze kartering is gebruik gemaakt van de Bodemkaart van Nederland 1:50.000 (BIS Nederland 2021).*

Oude veenontginningsgronden
In een smalle strook aan de zuidzijde van het gebied liggen veengronden die van oorsprong in gebruik zijn genomen als cultuurland (bodemcode pz3Vz in Figuur 4-1). Deze zijn te rekenen tot de zgn. bovenveengronden. Door bemesting en bezanding is een voedselrijker mineraal eerddek ontstaan (Ebbers & Visschers 1983).

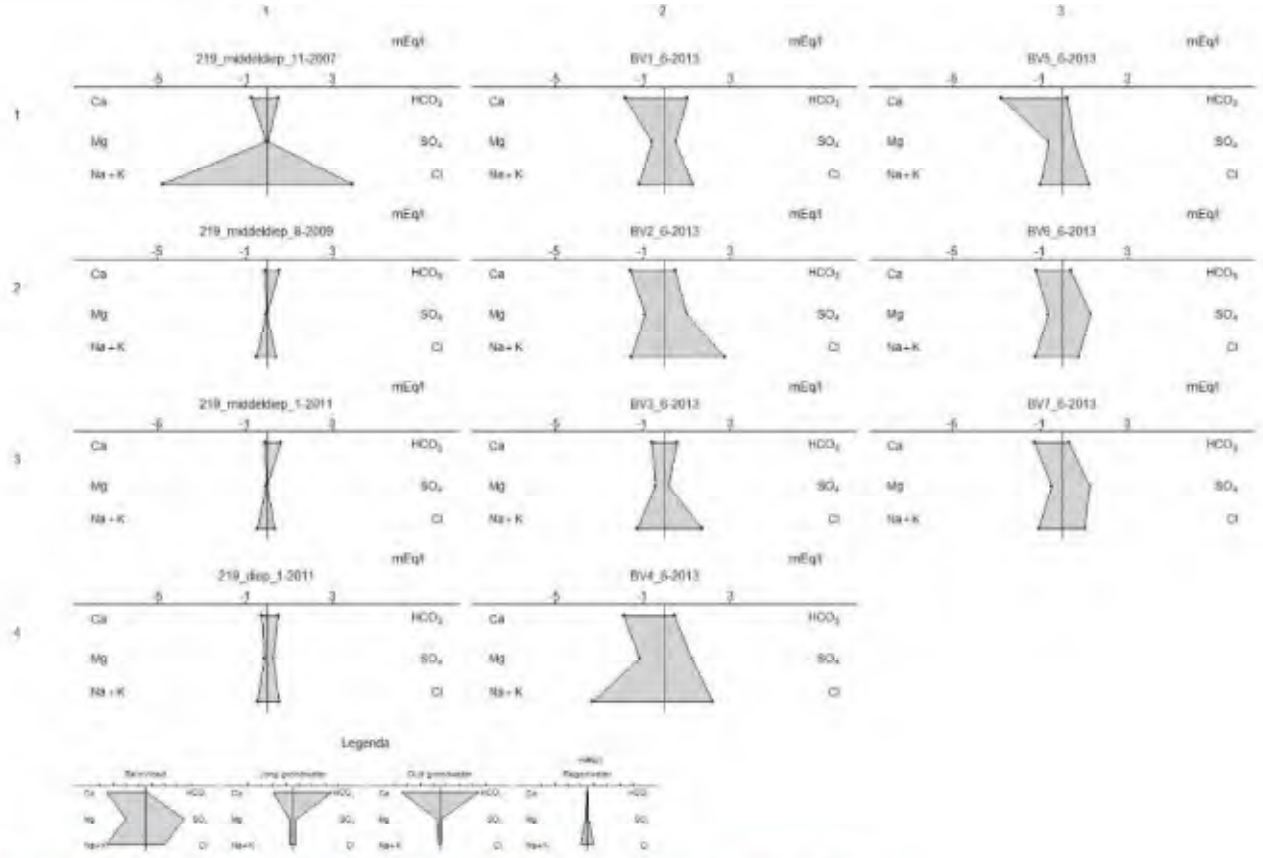


Figuur 4-1. Bodemkaart onderzoeksgebied.

Grondwaterkwaliteit

Jansen et al. (2013) geven informatie over de waterkwaliteit in de bufferzone. Deze gegevens zijn vertaald naar Stiffdiagrammen (Figuur 4-4) en een Stuifzandclassificatie (
Tabel 4-3). De Stiffdiagrammen van BV-1 t/m BV-7 duiden op overwegend heel mineraalarm water met invloed van landbouw, met uitzondering van BV-5, waar misschien wat mineraalrijker grondwater zit en minder vervuiling. De Stiffdiagrammen van de permanente buis (219) duiden op regenwater met weinig beïnvloeding (behalve in 2007). De Stuyfzand-classificatie geeft een vergelijkbaar beeld; geïnfiltreerd regenwater met wat aanrijking vanuit de landbouw. Dat past bij het landgebruik en de bodem die we zien.

Met de inrichting van het gebied als bufferzone voor de ontwikkeling van habitats zal de landbouwinvloed verdwijnen. Het regenwaterkarakter past grotendeels bij de habitattypen uit het 'Hoogveenlandschap' en het 'Nat zandlandschap' (zie Tabel 4-2). Het ligt niet voor de hand dat H7210 Galigaanmoeras zich kan ontwikkelen. Er zijn geen aanwijzingen dat gebufferd grondwater in het gebied toestroomt. In het vervolg laten we dit habitattype buiten beschouwing.



Figuur 4-2. Waterkwaliteitgegevens uit Jansen et al. (2013) vertaald naar Stiffdiagrammen

Tabel 4-3. Waterkwaliteitgegevens uit Jansen et al. (2013) vertaald naar Stuyfzand-classificatie

Stuyfzand-classificatie	Locatie
F0NaCL	219_middeldiep_11-2007
g0NaHCO3	219_middeldiep_8-2009
g0NaHCO3	219_middeldiep_1-2011
g0NaCL	219_diep_1-2011
F1CaCL	BV1_6-2013
F0CaCL	BV2_6-2013
F0MgCL	BV3_6-2013
F0CaCL	BV5_6-2013
F0CaCL	BV4_6-2013
F0CaCL	BV6_6-2013
F0CaCL	BV7_6-2013

Royal HaskoningDHV

4.4 Doorwerking scenario's op de standplaatscondities

De inrichtingsmaatregelen in het onderzoeksgebied die in de grondwatermodellering door Tauw zijn doorgerekend voor de scenario's 'Grote buffer (2018)' en 'Variant 2020', zijn gericht op het wegnemen van de drainerende werking (dempen / verondiepen sloten en het onklaar maken van drainage). De buffers zullen worden voorzien van kaden, om te voorkomen dat water direct naar het laagste punt loopt.

Verschil tussen beide scenario's: Geesters Stroomkanaal
Binnen het onderzoeksgebied is het verschil in inrichting tussen beide varianten niet heel groot. In beide varianten worden sloten gedempt of verondiept en drainage onklaar gemaakt.

Doorslaggevend voor het verschil in het berekend hydrologisch effect is de inrichting van het Geesters Stroomkanaal. Het kanaal, de verbindingsleiding en ontwatering op lager gelegen landbouwgronden bepalen de drainagebasis. In de huidige situatie draineert het kanaal in de winter de zandondergrond onder de Engbertsdijksvenen en het onderzoeksgebied. In het kanaal is dit zichtbaar als ijzerhoudende kwel. In de zomer infiltreert water van het kanaal over een belangrijk deel van het stuwpand naar de zandondergrond.
Door het peil te verhogen werkt het kanaal feitelijk als een bufferzone. Doordat het kanaal niet meer draineert maar infiltreert worden de stijghoogten in de zandondergrond onder het veen hoger. In scenario 'Variant 2020' wordt het Geesters Stroomkanaal alleen aan de westzijde van Engbertsdijksvenen aangepakt (Figuur 3-2). In scenario 'Grote buffer (2018)' wordt het peil in het kanaal opgezet vanaf de westzijde doorlopend tot voorbij de oostzijde van Engbersdijksvenen (Figuur 3-1). Dat leidt tot aanmerkelijk nattere omstandigheden in scenario 'Grote buffer (2018)', zowel in de GLG- als in de GVG-situatie (zie ook Figuur 4-4 en Figuur 4-5).

Extra inrichtingsmaatregel: verwijderen bouwvoor
Het vertrekpunt voor de realisatie van habitattypen in het onderzoeksgebied wordt gevormd door de inrichting van buffers op voormalige landbouwgronden, sommige nat en andere minder nat. Deze gronden zullen voedselrijk zijn, gezien het landbouwkundig gebruik. Dat zou betekenen dat ontwikkeling van de gewenste habitats zou moeten plaatsvinden op een voedselrijke bouwvoor.
Er zijn bij ons geen herstelprojecten bekend waar hoogveenvegetaties succesvol zijn ontwikkeld op een voormalig bouwvoor. Ontwikkelingen in bufferzones rondom hoogveengebieden (bijv. Fochteloerveen, Bargerveen), waar sprake is van aanwezigheid van een bouwvoor, laat zien dat de ontwikkeling over het algemeen meer gaat richting ruigteveld met pitrus, smeerwortel en mogelijk bosopslag (wilgenstruweel) dan richting de gewenste habitats. Het is niet uitgesloten dat een dergelijke ontwikkeling op de langere termijn wel kan plaatsvinden, maar dat past niet bij het idee van de Natuurcompensatiebank.

Om de schrale omstandigheden te creëren die nodig zijn voor de ontwikkeling van habitats zal de bouwvoor moeten worden verwijderd. Op basis van boorbeschrijvingen van Aequator (exceltabel horend bij Rozendaal et al. (2017)) hebben we de gemiddelde dikte van de bouwvoor (Ap of Ahp-laag) bepaald op 25 cm (20 – 30 cm).

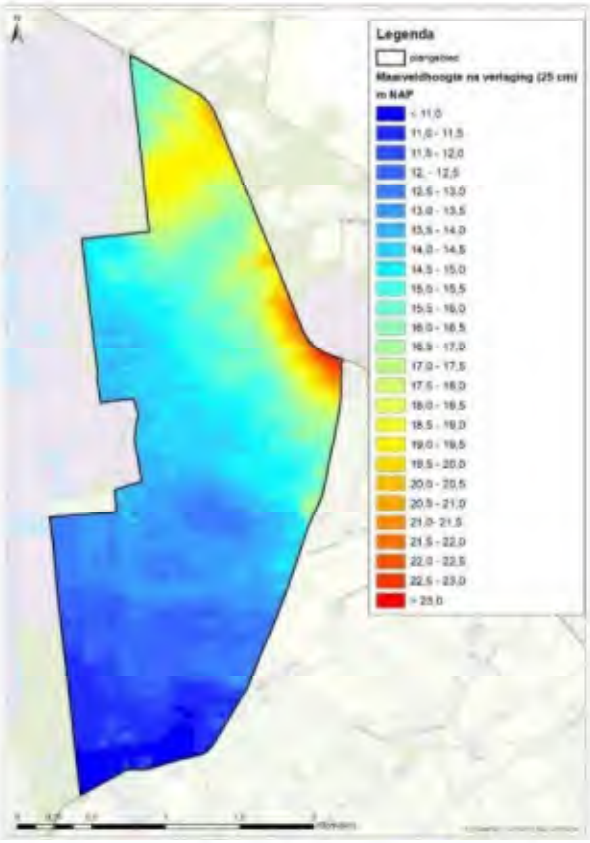
Doorwerking 'verwijderen bouwvoor' in het grondwaterregime
Voor deze analyse zijn door middel van een GIS-bewerking de uitkomsten van de modelberekeningen (GXG's) door Tauw voor beide scenario's aangepast voor de maatregel 'verwijderen bouwvoor'. Het spreekt voor zich dat bij verlaging van het maaiveld het grondwater in het onderzoeksgebied dichter aan of boven maaiveld komt. In de analyse is hier als volgt mee omgegaan:

- Het 'verwijderen bouwvoor' resulteert in een vlakdekkende maaiveldverlaging met 25 cm voor het AHN in het onderzoeksgebied (Figuur 4-3). In GIS is het AHN integraal met 25 cm verlaagd. Er is geen

Royal HaskoningDHV

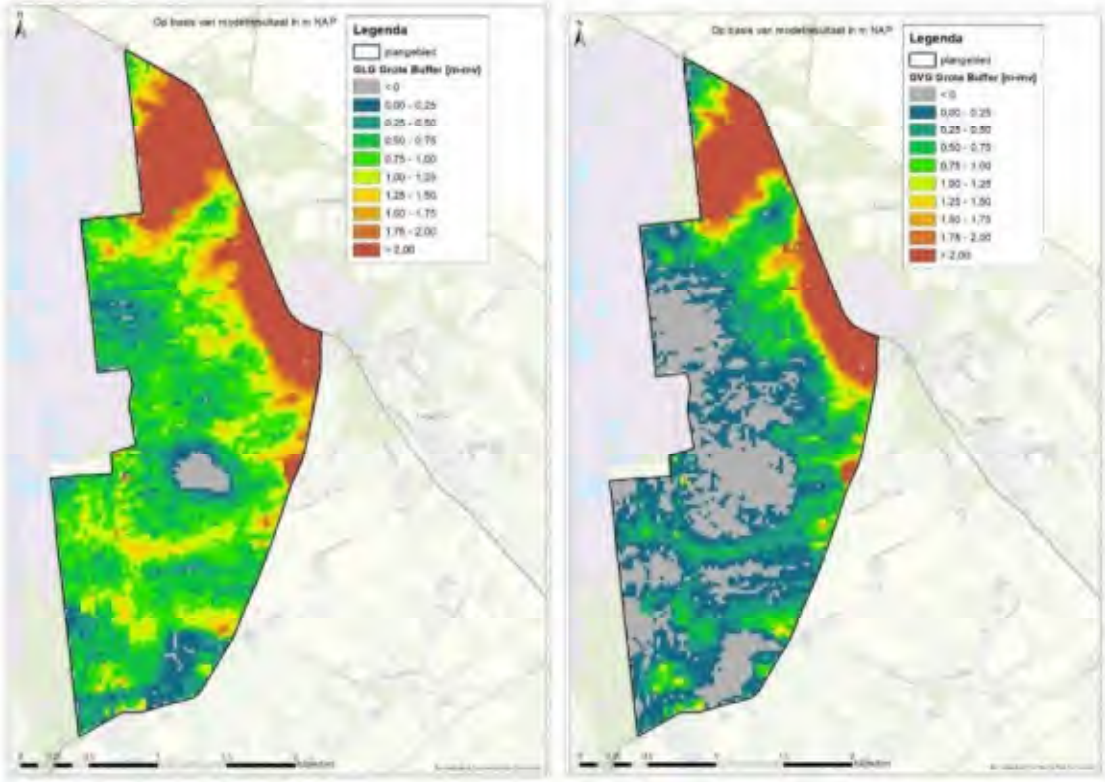
rekening gehouden met de afweging bij de voorbereiding van inrichting, waar je deze maatregel zinvol of kosteneffectief zou kunnen inzetten.

- Door combinatie van dit nieuwe hoogtebestand in GIS met de modeluitkomsten van GXG's t.o.v. NAP voor beide scenario's, zijn de nieuwe GXG's t.o.v. maaiveld bepaald (Figuur 4-4 en Figuur 4-5). Voor 'Variant 2020' is een bestand GVG t.o.v. NAP geleverd en kon direct een GVG t.o.v. maaiveld worden bepaald. Voor 'Grote buffer (2018)' was dit niet beschikbaar en is deze afgeleid uit de GHG en GLG t.o.v. maaiveld (vlgs. formule modellering door Tauw).
- Verlaging van het maaiveld leidt in een GHG-situatie en GVG-situatie (met name in scenario 'Grote buffer (2018)' tot grotere arealen water op maaiveld en tot verlaging van de waterstanden boven maaiveld. De effecten op de waterstanden boven maaiveld zijn niet meegenomen in de bepaling van de nieuwe GXG's. Hierbij is overwogen dat dit effect deels wordt opgeheven.
    - De bergingsfactor voor open water is groter dan voor de bodem (1 versus 0,4). Dat leidt tot daling van de waterstand, wanneer water boven maaiveld komt.
    - Het onderzoeksgebied ligt in hellend terrein. Water uit hogere terreindelen stroomt deels via de bodem, deels over maaiveld naar de laagtes waar water op maaiveld komt. Dat leidt tot stijging van de waterstand.
- Water op maaiveld ligt vlak. In het grondwatermodel is dat deels zichtbaar in een vlak waterpeil in de 'veenput' in het centrale deel van het onderzoeksgebied. Door de maaiveldverlaging wordt het areaal water op maaiveld groter. Omdat laagtes waarin water zich verzamelt verspreid liggen over de helling in het onderzoeksgebied, is het niet goed mogelijk om daar via een eenvoudige GIS-nabewerking een vlak waterpeil aan toe te rekenen.

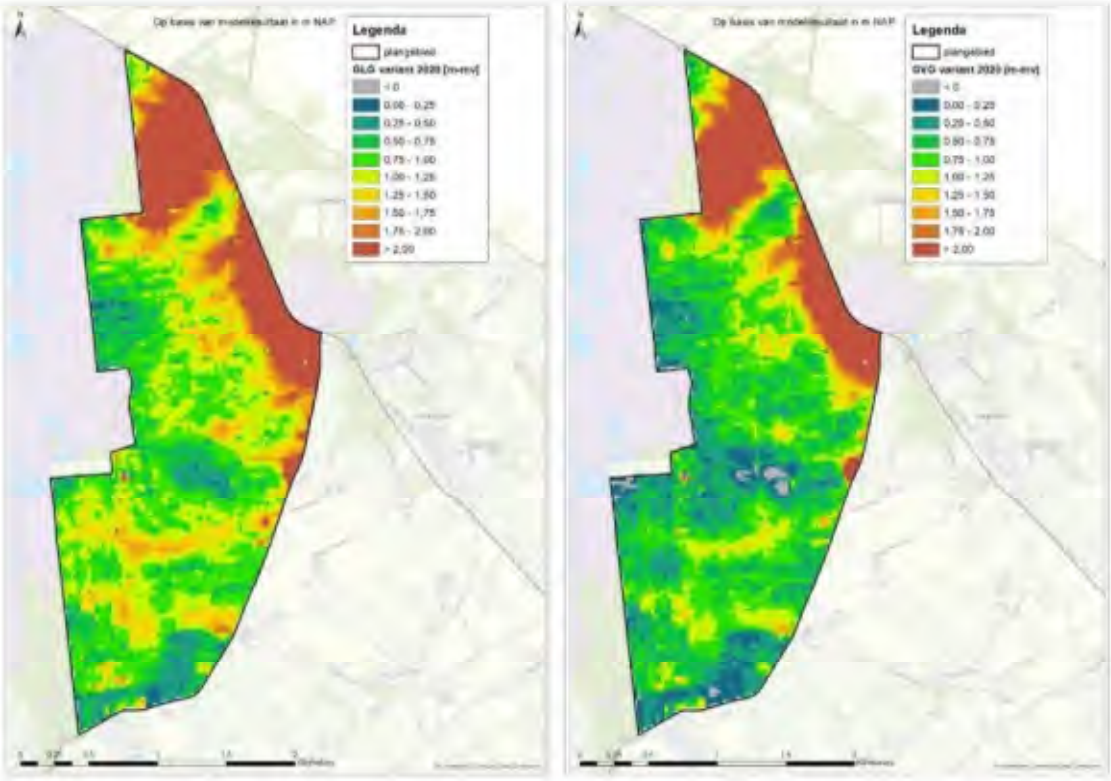


Figuur 4-3. Aangepaste AHN na 25 cm bodemverlaging in het onderzoeksgebied

In Figuur 4-4 en Figuur 4-5 zijn de nieuwe GLG en GVG voor de scenario's 'Grote buffer (2018)' en 'Variant 2020' weergegeven. Onmiddellijk valt op dat het scenario 'Grote buffer (2018)' leidt tot (fors) hogere grondwaterstanden dan 'Variant 2020'. De grondwaterstand voor de GLG voor 'Grote buffer (2018)' is (afgezien van verschillen in compartimentering) in grootteorde vergelijkbaar met de GVG voor 'Variant 2020'. Dat effect wordt grotendeels bepaald door het verschil in maatregelen voor het Geesters Stroomkanaal.



Figuur 4-4. GLG (links) en GVG (rechts) Grote buffer (2018) na 25 cm bodemverlaging in het onderzoeksgebied



Figuur 4-5. GLG (links) en GVG (rechts) Variant 2020 na 25 cm bodemverlaging in het onderzoeksgebied

Bepaling kansrijkdom habitattypen

De kansrijkdom voor het realiseren van habitattypen op basis van het grondwaterregime is bepaald aan de hand van de standplaatsvereisten voor GVG en GLG in Tabel 4-1. Aanvullend is voor de habitattypen H7110A Actief hoogveen en H7120 Herstellend hoogveen het criterium 'verschil GHG-GLG < 30 cm' toegepast.

Dit resulteert in kaartjes waarin per habitattype wordt aangegeven of het grondwaterregime voldoet, suboptimaal is of ontoereikend is. Deze kaartjes zijn opgenomen in 5 Resultaten. De geschikte of suboptimale bodemtypen voor het habitattype zijn apart d.m.v. een arcering weergegeven. Er is bewust voor gekozen om deze informatie niet te combineren tot één kaartbeeld, zodat de doorwerking van beide standplaatsvereisten voor de habitattypen zichtbaar blijft.

Royal HaskoningDHV

5 Resultaten

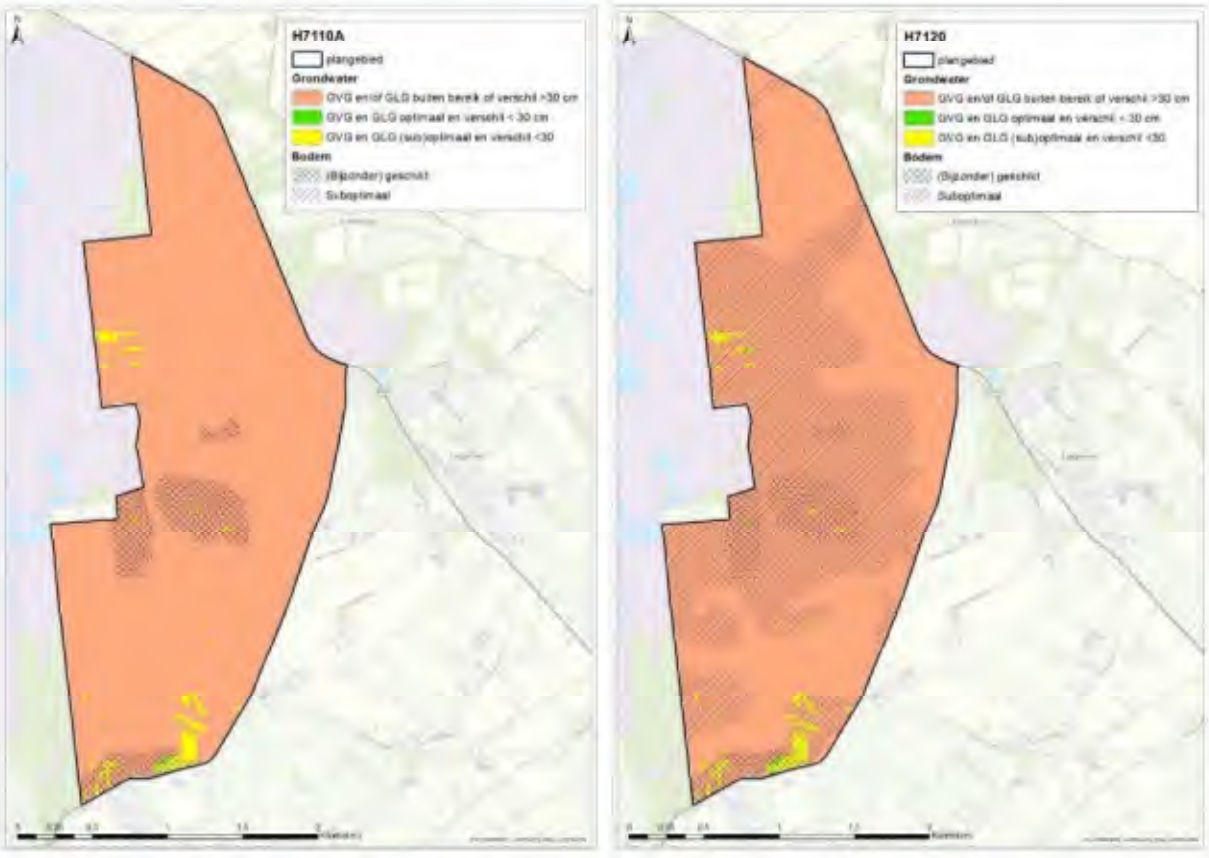
Bij de bespreking van de resultaten per variant maken we onderscheid naar drie landschapsdelen die we kunnen onderscheiden in het onderzoeksgebied:

1 Hoogveenlandschap: de natte delen van de bufferzone met moerpodzol- en veenbodems;
2 Droog heidelandschap: de droge gronden op de noord-oostflank en hoge ruggen in het zuiden met veldpodzolbodems;
3 Beekdallandschap/Oude veenontginning aan de zuidrand met meerveengronden met een minerale eerdlaag.

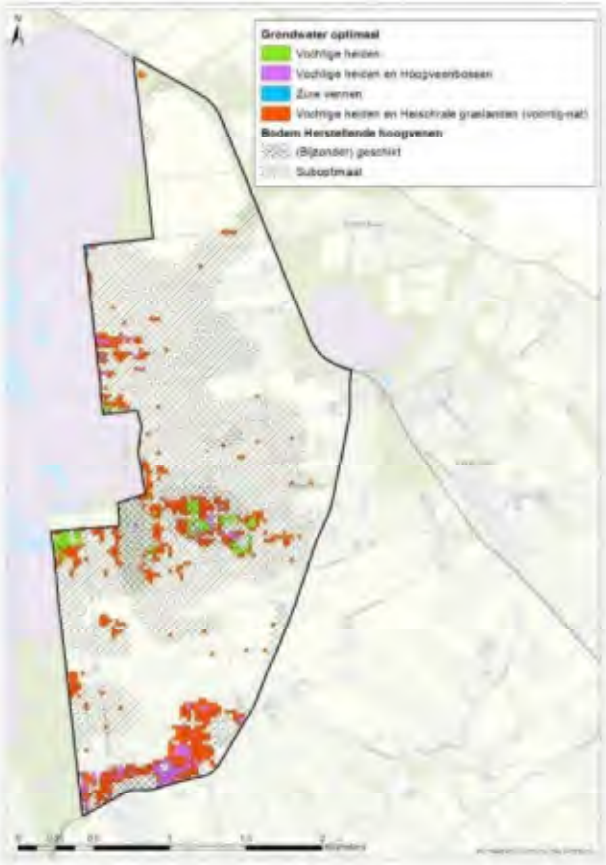
5.1 Variant 2020

Hoogveenlandschap

In Variant 2020 zijn de potenties voor H7110A Actief hoogveen zeer beperkt. Er zijn geen locaties waar optimale standplaatscondities zullen ontstaan. Hetzelfde geldt min of meer ook voor veenvormende vegetaties van H7120 Herstellend hoogveen. Op een enkele plek voldoen de standplaatscondities voor dit habitattype (Figuur 5-1). In het zuiden lijken de condities geschikt op oude veenontginningsbodems. Naar verwachting zijn deze echter tot grotere diepte voedsel- en basenrijk en daardoor niet geschikt.
Er zijn wel potenties voor de overige vegetaties van het 'Hoogveenlandschap', met name in het centrale deel van het onderzoeksgebied, in het zuiden en langs de rand van de Engbertsdijksvenen. Deze zijn samengebracht in Figuur 5-2. De potenties voor H4010A Vochtige heide, H6230 Heischraal grasland (vochtig-nat), H3160 Zuur ven en H91D0 Hoogveenbos overlappen elkaar deels.



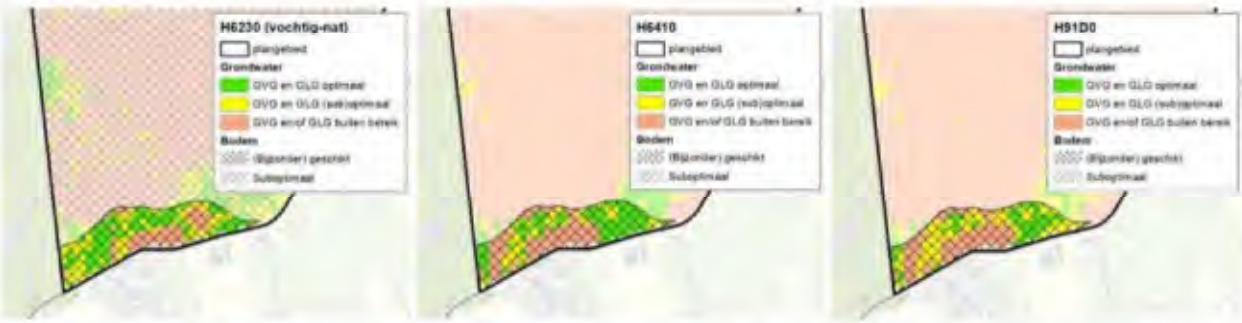
Figuur 5-1. Potenties voor H7110A Actief hoogveen en H7120 Herstellend hoogveen, veenvormende vegetaties in Variant 2020, locaties waar GVG en GLG optimaal en suboptimaal zijn, fluctuaties voldoende beperkt zijn en de bodem geschikt is (aangegeven met arcering).



Figuur 5-2. Potenties voor vegetaties van het 'Hoogveenlandschap', niet zijnde veenvormende vegetaties in Variant 2020. Weergegeven zijn de locaties waar de GLG, GVG en fluctuaties optimaal zijn en de locaties waar de bodem geschikt is (aangegeven met arcering).

Beekdallandschap/Oude veenontginning

Op de oude veenontginningsgronden aan de zuidzijde van het onderzoeksgebied passen H6230 Heischraal grasland (vochtig-nat; bovenveengrasland) en H6410 Blauwgrasland als in een oud cultuurlandschap. Hier past ook H91D0 Hoogveenbos (Figuur 5-3). De buffering van de bodem is hoofdzakelijk het resultaat van het voormalige agrarisch gebruik (bekalking en bemesting) van deze gronden.

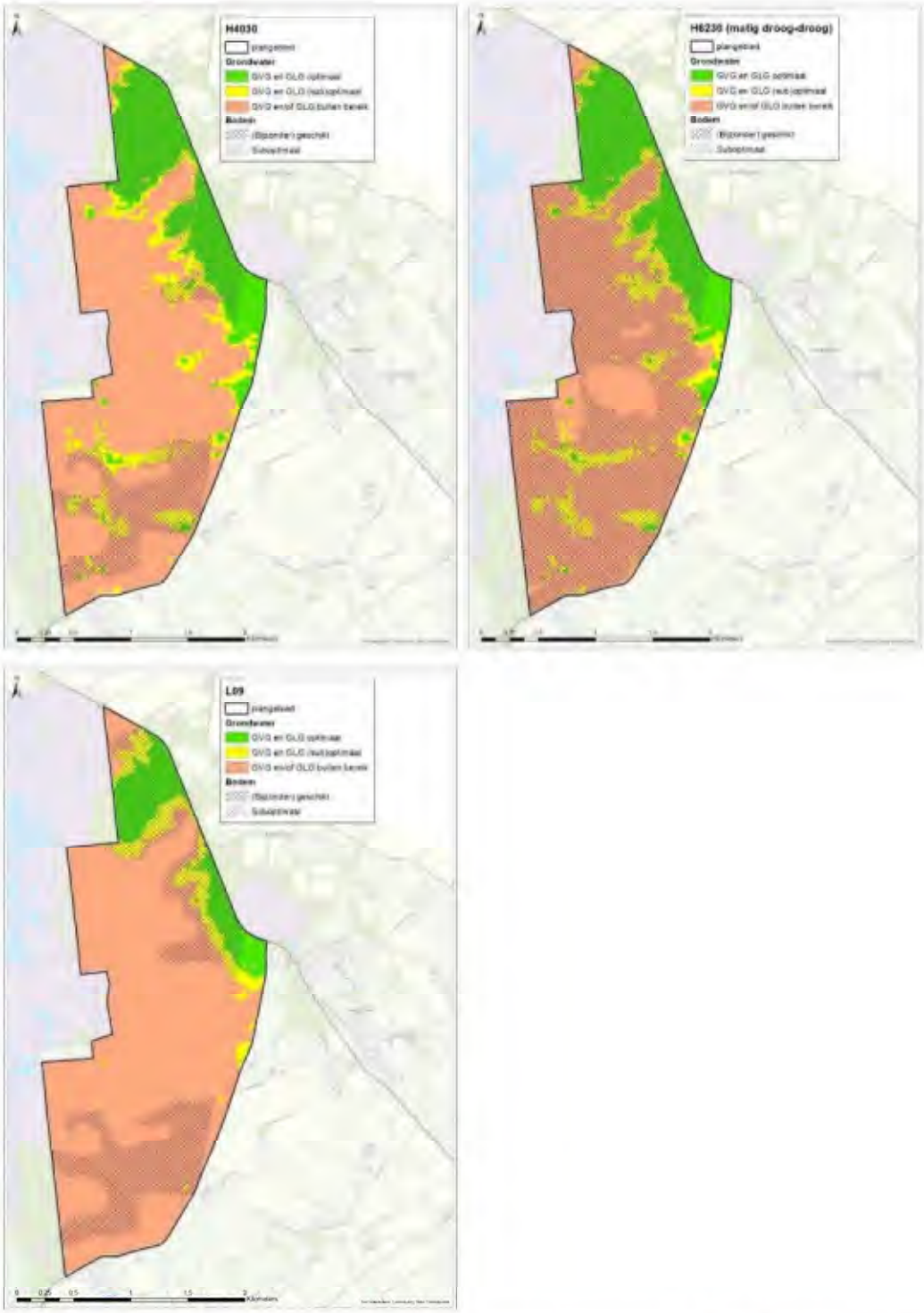


Figuur 5-3. Potenties op oude veenontginningsgronden (bodemtype pz3Vz) in Variant 2020 voor H6230 Heischraal grasland (vochtig-nat; bovenveengrasland), H6410 Blauwgrasland en H91D0 Hoogveenbos. Locaties waar GVG en GLG optimaal en suboptimaal zijn en de bodem geschikt is (aangegeven met arcering).

Royal HaskoningDHV

Droog heidelandschap

Op de noordoostflank van het onderzoeksgebied kunnen H4030 Droge heide, H6230 Heischraal grasland (matig droog-droog) of Lg09 Struisgrasland ontstaan (Figuur 5-4). De hoge ruggen in het zuidelijk deel zijn deels geschikt voor H4030 Droge heide en H6230 Heischraal grasland (matig droog-droog). Welke vegetaties precies zullen ontstaan wordt mede bepaald door de mineralenrijkdom van de bodem.



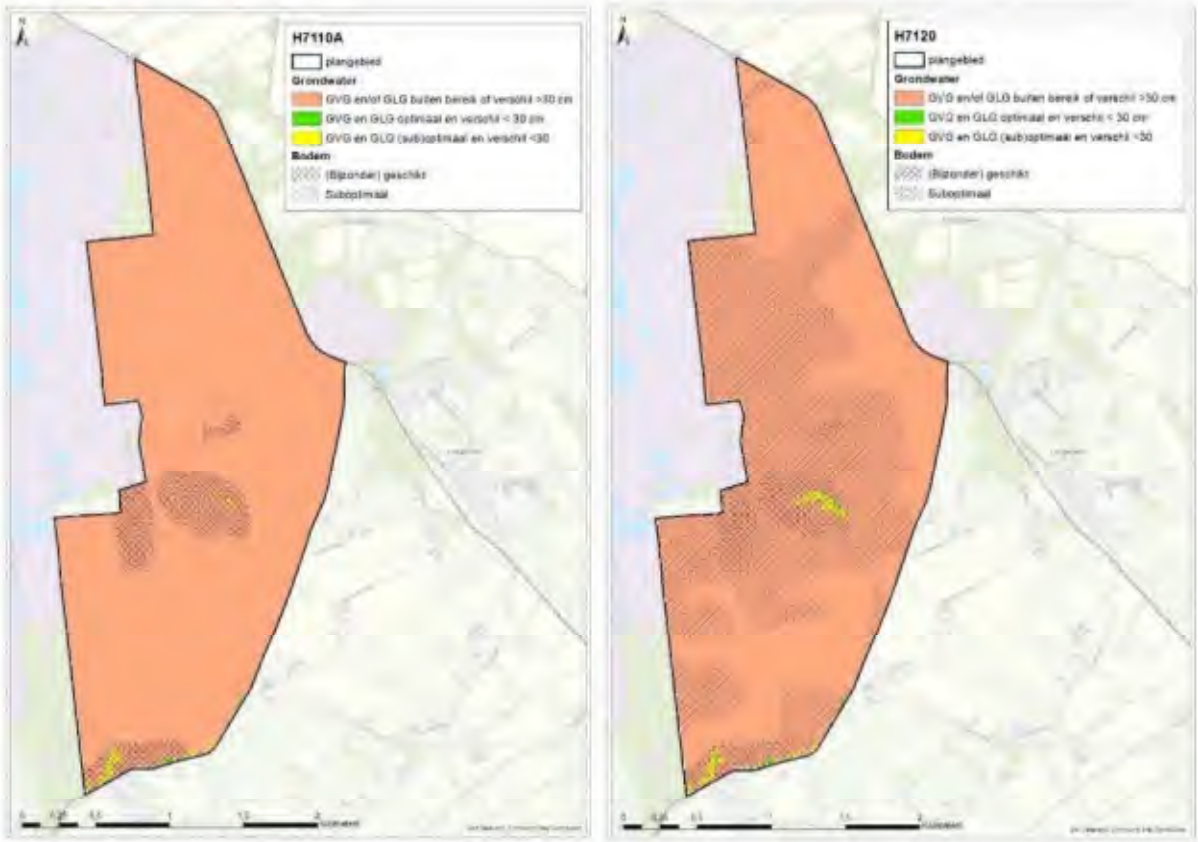
Figuur 5-4. Potenties voor H4030 Droge heide, H6230 Heischraal grasland (matig droog-droog) en Lg09 Droog struisgrasland in Variant 2020, locaties waar GVG en GLG optimaal en suboptimaal zijn en de bodem geschikt is (aangegeven met arcering).

5.2 Variant Grote buffer (2018)

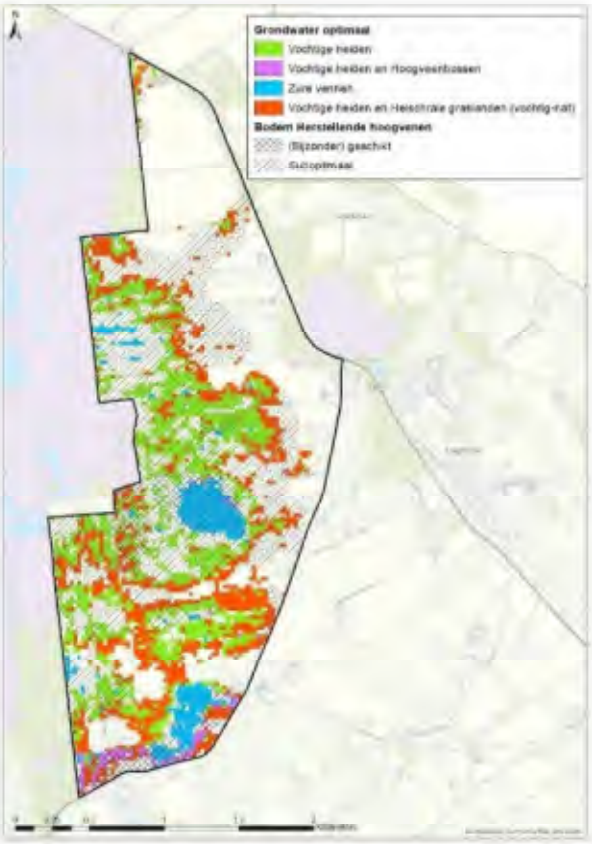
Hoogveenlandschap

Scenario 'Grote Buffer (2018)' heeft beperkte potenties voor H7120 Herstellend hoogveen met name aan de noordzijde van de 'veenput' in het centrale deel van het onderzoeksgebied (Figuur 5-5). De hydrologische omstandigheden en bodemcondities lijken hier geschikt voor de ontwikkeling van hoogveen-slenkvegetaties. Op deze locatie is volgens de modellering van Tauw bovendien sprake van kwel van het eerste watervoerend pakket naar het freatisch pakket. Mogelijk is hier voldoende sprake van aanvoer van basenarme, CO_2-rijke kwel door het aanwezige veen om op termijn ook hoogveenontwikkeling mogelijk te maken. De potenties voor H7110A Actief hoogveen zijn praktisch afwezig.
In het zuiden lijken de condities voor hoogveenontwikkeling geschikt op oude veenontginningsbodems. Naar verwachting zijn deze echter tot grotere diepte voedsel- en basenrijk en daardoor niet geschikt.

Er zijn goede potenties over een groot areaal voor de overige vegetaties van het 'Hoogveenlandschap' in de lagere delen van het onderzoeksgebied. Deze zijn samengevat in Figuur 5-6. Het betreft potenties voor H3130 Zuur ven, H4010A Vochtige heide, H6230 Heischraal grasland (vochtig-nat) en H91D0 Hoogveenbos. De potenties overlappen elkaar deels.
Hier kan een compleet 'Hoogveenlandschap' ontstaan met overgangen naar het 'Droge heidelandschap' in het noordoosten en het 'Veenontginningslandschap' aan de zuidzijde van het onderzoeksgebied.



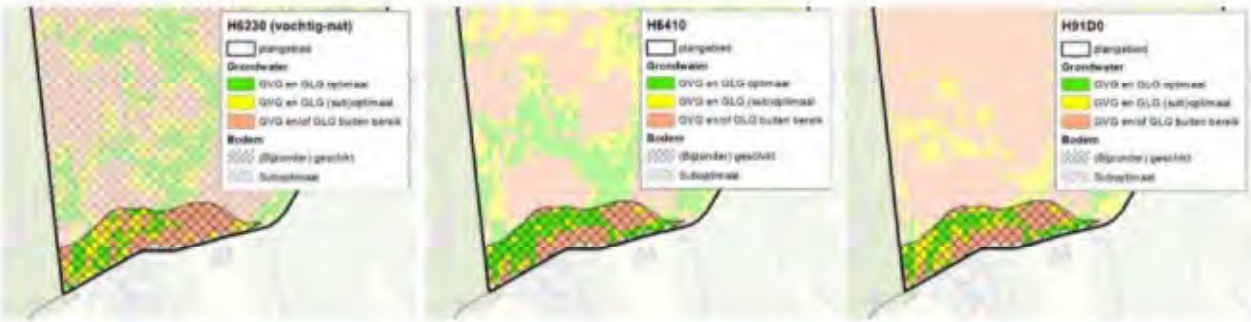
Figuur 5-5. Potenties voor H7110A Actief hoogveen en H7120 Herstellend hoogveen, veenvormende vegetaties in Grote buffer (2018), locaties waar GVG en GLG optimaal en suboptimaal zijn, fluctuaties voldoende beperkt zijn en de bodem geschikt is (aangegeven met arcering).



Figuur 5-6. Potenties voor vegetaties van het 'Hoogveenlandschap', niet zijnde veenvormende vegetaties in Grote buffer (2018). Weergegeven zijn de locaties waar de GLG, GVG en fluctuaties optimaal zijn en de locaties waar de bodem geschikt is (aangegeven met arcering).

Beekdallandschap/Oude veenontginning

Op de oude veenontginningsgronden aan de zuidzijde van het onderzoeksgebied passen H6230 Heischraal grasland (vochtig-nat; bovenveengrasland) en H6410 Blauwgrasland als in een oud cultuurlandschap. Hier past ook H91D0 Hoogveenbos (Figuur 5-7). De buffering van de bodem is hoofdzakelijk het resultaat van het voormalige agrarisch gebruik (bekalking en bemesting) van deze gronden.

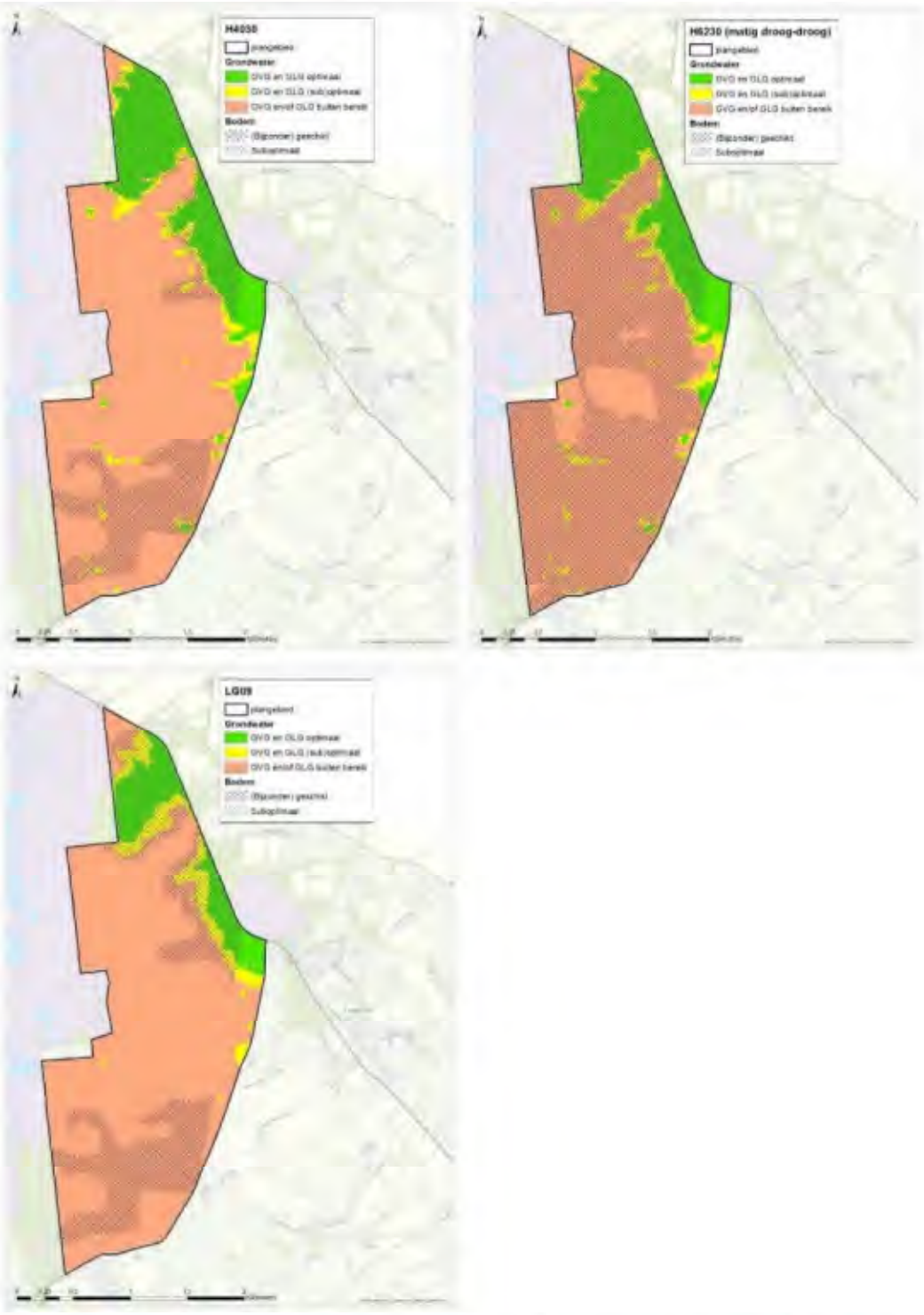


Figuur 5-7. Potenties op oude veenontginningsgronden (indicatief aangegeven) in Grote buffer (2018) voor H6230 Heischraal grasland (vochtig-nat; bovenveengrasland), H6410 Blauwgrasland en H91D0 Hoogveenbos. Locaties waar GVG en GLG optimaal en suboptimaal zijn en de bodem geschikt is (aangegeven met arcering).

Royal HaskoningDHV

Droog heidelandschap

Op de flanken en op hoge ruggen kunnen habitats van H4030 Droge heide, H6230 Heischraal grasland (matig droog-droog) of Lg09 Struisgrasland ontstaan (Figuur 5-8). Welke vegetaties precies zullen ontstaan zal worden bepaald door de mineralenrijkdom van de bodem.



Figuur 5-8. Potenties voor H4030 Droge heide, H6230 Heischraal grasland (matig droog-droog) en Lg09 Droog struisgrasland in Grote buffer (2018), locaties waar GVG en GLG optimaal en suboptimaal zijn en de bodem geschikt is (aangegeven met arcering).

Royal HaskoningDHV

5.3 Samenvattende conclusies

Beide scenario's bieden potenties voor de ontwikkeling van stikstofgevoelige habitats voor een natuurcompensatiebank. Er zijn duidelijke verschillen tussen de beide scenario's. 'Grote buffer (2018)' heeft een veel groter oppervlak met potentie dan 'Variant 2020'.
De bevindingen zijn samengevat in Tabel 5-1, waarbij we onderscheid hebben gemaakt naar de drie onderscheiden landschapsdelen in de buffer. Vervolgens is de potentie gescoord (schatting) binnen dat vlak[2]:

1 Hoogveenlandschap: de natte delen van de bufferzone met moerpodzol- en veenbodems;
2 Droog heidelandschap: de droge gronden op de noord-oostflank en hoge ruggen in het zuiden met veldpodzolbodems;
3 Beekdallandschap/Oude veenontginning aan de zuidrand met meerveengronden met een minerale eerdlaag.

De 'Grote Buffer (2018)' heeft potenties voor H7120 Herstellend hoogveen aan de noordkant van de veenput en biedt de mogelijkheid om op landschapsschaal en meer robuust vegetaties van het 'Hoogveenlandschap' en de overgang naar het 'Droog heidelandschap' in het noordoosten, en het 'Oude veenontginningslandschap' in het zuiden van het onderzoeksgebied te creëren.
In 'Variant 2020' zijn goede potenties voor de ontwikkeling van habitats in het 'Droog heidelandschap' in het noordoosten en het 'Oude veenontginningslandschap' in het zuiden van het onderzoeksgebied. De potenties op de nattere gronden in het 'Hoogveenlandschap' zijn echter beperkt. Het gebied is in dit scenario te droog.

Tabel 5-1. Samenvatting bevindingen. Scores: - = niet mogelijk; -/+ eventueel mogelijkheden; + mogelijkheden over klein areaal; ++ idem groter areaal; +++ idem groot areaal; ++++ idem groot areaal en compleetheid van het landschap.

Habitat	Landschap	Grote Buffer (2018)		Variant 2020	
		Score habitat	Score landschap	Score habitat	Score landschap
H7110A	Hoogveenlandschap	-	++++	-	++
H7120		+		-	
H3160		+++		-	
H4010A		+++		++	
H6230 (vochtig-nat)		+++		++	
H91D0		+		+	
LG04		+++		-	
H4030	Droog heidelandschap	+++	+++	+++	+++
H6230 (matig droog-droog)		+++		+++	
LG09		++		++	
H6230 (vochtig-nat)	Oud veenontginnings-landschap	++	++	+++	+++
H6410A		+++		++	
H91D0		++		++	

[2] *Zo kan een klein totaalareaal H6230/H6410 evengoed scoren als een groot areaal H4030/H6230/LG09 omdat het areaal (in %%) van beide binnen hun potentiële standplaats ongeveer gelijk is.*

Royal HaskoningDHV

5.4 Effecten op N2000-gebied Engbertsdijksvenen

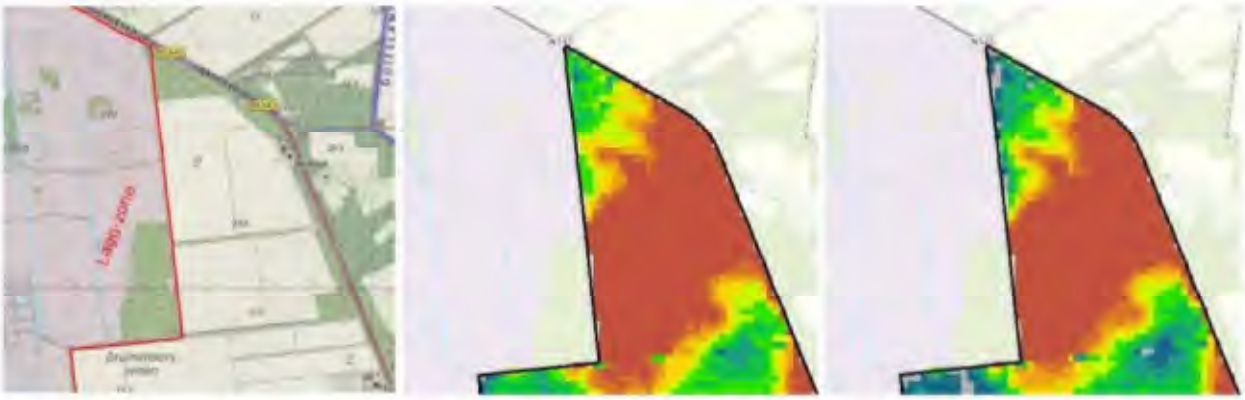
Natura 2000-doelen voor de Engbertsdijksvenen

De realisatie van habitats in het gebied aan de oostzijde van Engbertsdijksvenen in een Natuurbank is uiteraard geen Natura 2000-doel voor de Engbertsdijksvenen. Een meer natuurlijke inrichting van dit gebied draagt uiteraard wel bij aan de ecologische doestelling voor de Engbertsdijksvenen.
Het gebied wordt robuuster en er ontstaat meer ruimte voor soorten die thuishoren in het 'Hoogveenlandschap'. Dat geldt voor de vogelsoorten uit het Aanwijzingsbesluit geoorde fuut (broedvogel), kraanvogel (trekvogel en inmiddels ook broedend in het gebied) en toendrarietgans (trekvogel), maar ook voor soorten als paapje, nachtzwaluw, grauwe klauwier, watersnip, adder, gevlekte witsnuitlibel, noordse glazenmaker, noordse witsnuitlibel, venglazenmaker of venwitsnuitlibel.

Lagg-zone

Eén van de Natura 2000-doelen voor de Engbertsdijksvenen is de realisering van een lagg-zone. Dat is een zone waar oligotroof water uit het veen in contact komt met minerotroof grondwater uit de omgeving. Dit contactmilieu is floristisch en faunistisch bijzonder rijk. Volgens Jansen et al. (2013) heeft er een lagg-zone gelegen ten oosten van de huidige Engbertsdijksvenen op de overgang van de hogere zandgronden van de Esker van Bruinehaar naar het veen dat zich destijds verder oostwaarts uitstrekte.
In de huidige situatie is het veen hier verdwenen en ontbreekt de mogelijkheid voor ontwikkeling van een lagg-zone. G. Kooijman (2020) ziet mogelijkheden voor de ontwikkeling van een lagg-zone aan de uiterste noordoostzijde van Engbertsdijksvenen. Hier lopen de hogere zandgronden door tot in het Natura 2000-gebied.

In beide scenario's zijn hier maatregelen voorzien. In 'Variant 2020' wordt in het aangrenzend noordelijk deel van het onderzoeksgebied alleen de watergang op de grens met het Natura 2000-gebied gedempt, in 'Grote buffer (2018)' worden ook alle sloten in het landbouwgebied gedempt. Het grote verschil tussen beide scenario's wordt bepaald door de stijging van de grondwaterstanden (zie 3 Beschrijving varianten). In 'Grote buffer (2018)' wordt de westflank van het noordelijk deel van het onderzoeksgebied natter dan in 'Variant 2020' (zie Figuur 2-1Figuur 5-9). Het effect zal zijn dat hier meer grondwater uittreedt.



Figuur 5-9. Lagg-zone o.b.v. inschatting door G. Kooijman (2020) (links), GVG scenario 'Variant 2020' (midden) en GVG scenario 'Grote buffer (2018)' (rechts).

Ook in het onderzoeksgebied kunnen zones ontstaan waar uittredend grondwater in contact komt met (zuurder) oppervlaktewater. Met name is dat het geval aan de noordkant van de 'veenput' in het centrale deel van het onderzoeksgebied. Uit de analyse volgt dat hier kansen liggen voor de ontwikkeling van hoogveenslenkvegetaties.

Royal HaskoningDHV

Effect maaiveldverlaging op aangrenzend N2000-gebied
Maaiveldverlaging heeft in principe altijd een drainerend effect op het grondwater in een aangrenzend terrein, in dit geval de oostzijde van de Engbertsdijksvenen. Omdat de bodem minder water kan bergen, daalt de maximaal bereikbare grondwaterstand. Maaiveldverlaging gaat ten koste van het vernattingseffect van de buffer. Hoe groot dat effect is en hoe dit effect kan worden gemitigeerd zal nader moeten worden bepaald.

Het terrein van het onderzoeksgebied helt naar Engbertsdijksvenen. Grond- en oppervlaktewater stroomt naar, en verzamelt zich aan de westzijde van het onderzoeksgebied, net buiten de oostzijde van het Natura 2000-gebied. Het is sowieso verstandig om het oppervlaktewater uit het onderzoeksgebied te scheiden van het oligotrofe veenwater in Engbersdijksvenen. Naar verwachting is dit water nog geruime tijd voedselrijk, ook na verlaging van het maaiveld.

Royal HaskoningDHV

5.5 Aanbevelingen en ontbrekende informatie

De hier gepresenteerde analyse is bedoeld om op basis van voorhanden zijnde informatie in te kunnen schatten of er potenties zijn voor het realiseren van stikstofgevoelige habitats in het gebied aan de oostzijde van de Engbertsdijksvenen. Daarnaast is bekeken wat het verschil is in potentie tussen twee qua maatregelen duidelijk verschillende natuurherstelscenario's.

Op basis van de beschikbare informatie kan deze inschatting gemaakt worden, maar daar zitten wel beperkingen aan. De beschikbare informatie over (grond-)waterkwaliteit is summier en het ontbreekt aan informatie over de bodemchemie (fosfaattoestand, buffering, en zo voort). Ook is gebruik gemaakt van uitkomsten uit een grondwatermodel dat niet voor dit specifieke doel is gemaakt. Bij een verdere uitwerking van deze resultaten is het van belang om na te gaan welke aanvullende informatie nog ontbreekt.

Verwijderen bouwvoor
In de analyse is uitgegaan van een gebiedsdekkende maaiveldverlaging van 25 cm, teneinde schrale condities te creëren voor de realisatie van stikstofgevoelige habitats. Waar een maaiveldverlaging precies zinvol is en kan worden toegepast (in relatie tot eigendommen en effecten op het Natura 2000-gebied) moet nog worden bepaald. Optimalisatie van de bodemverlaging kan nog leiden tot een verdere invulling van de potenties van het gebied en robuustere eenheden.

De daadwerkelijke voedingstoestand van de bouwvoor is onbekend. Ook is niet bekend of fosfaat dieper in de ondergrond is doorgedrongen. Hier moet nog nader naar worden gekeken. Vaak is het zo dat op fosfaatrijke bodems natuurontwikkeling nog wel mogelijk is, omdat andere factoren (zoals vochttekort, zuurstofstress of een tekort aan kalium) limiterend zijn. Ook leert de ervaring dat een teveel aan stikstof snel uit de bodem verdwijnt.

Gebruik uitkomsten grondwatermodel
In deze analyse zijn de resultaten gebruikt van modelberekeningen gericht op het bepalen van het effect van vernattingsmaatregelen op de grondwaterstand in de zandondergrond rond Engbertsdijksvenen. Deze analyse focust juist op grondwater aan maaiveld. De variatie aan bodemtypen in het onderzoeksgebied en het al dan niet voorkomen van storende lagen (moerige lagen, keileem) is mede bepalend voor het grondwaterregime na inrichting. Het uiteindelijke grondwaterregime na inrichting kan/zal hierdoor lokaal afwijken van het modelmatig voorspelde grondwaterregime. Houd hier rekening mee bij het interpreteren van de analyseresultaten.

Aanvullende inrichtingsmaatregelen buiten de buffers
In de analyse is uitgegaan van de inrichtingsmaatregelen in beide scenario's, aangevuld met de maatregel 'vlakdekkend verwijderen bouwvoor'. Inrichtingsmaatregelen in het onderzoeksgebied buiten de buffers zijn niet in de analyse meegenomen, omdat het effect daarvan niet uit de gebruikte modelresultaten kan worden afgeleid. Ze zitten immers niet in het model.

Voor een vervolg waarbij de realisatie van habitats verder wordt uitgewerkt, kan gekeken worden naar inrichtingsmaatregelen buiten de buffers (dempen sloten, verwijderen drainage e.d.). De effecten daarvan zouden kunnen worden doorgerekend.

Royal HaskoningDHV

Referenties

Bal, D., H. M. Beije, M. Fellinger, R. Haverman, A. J. F. M. van Opstal, & F. J. van Zadelhoff. 2001. *Handboek Natuurdoeltypen*. Expertisecentrum LNV, Wageningen.

BIS Nederland. 2021. Bodemdata.NL. Online beschikbaar: https://bodemdata.nl/.

Capel, W., M. Steenvoorden, A. Blonk, & E. Beije. 2020. *Conceptueel model Engbertsdijksvenen*. Tauw, Deventer.

van Duinen, G.-J., H. Tomassen, J. Limpens, F. Smolders, S. van der Schaaf, W. Verberk, D. Groenendijk, M. Wallis de Vries, & J. Roelofs. 2011. *Perspectieven voor hoogveenherstel in Nederland Samenvatting onderzoek en handleiding hoogveenherstel 1998-2010*. OBN, Driebergen.

Ebbers, G., & R. Visschers. 1983. *Bodemkaart van Nederland schaal 1:50.000 Toelichting bij kaartblad 28 West Almelo*. Stichting voor bodemkartering, Wageningen.

G. Kooijman. 2020. *Werkdocument Interne maatregelen waterbeheersing Engbertsdijksvenen*. Staatsbosbeheer.

Jansen, A. J. M., J. R. von Asmuth, P. J. T. van Bakel, E. Brouwer, R. J. Ketelaar, & R. L. Terhürne. 2013. *De Engbertsdijksvenen Advies van de Commissie van Deskundigen*. Kennisnetwerk OBN, Driebergen.

LNV. 2006. *Natura 2000 doelendocument*. Ministerie van LNV, Den Haag.

M. Steenvoorden & E. Beije. 2020. *Definitief grondwatermodel Engbertsdijksvenen*. Tauw, Deventer.

Maris, A., & T. Roeloffzen. 1978. *Een bodemkundig onderzoek in het natuurreservaat Engbertsdijksvenen*. Landbouwhogeschool, Wageningen.

Rozendaal, W., J. van Berkum, W. Harder, S. van der Salm, & J. Iwema. 2017. *Agrohydrologische beschouwing Engbertsdijksvenen*. Aequator Groen & Ruimte b.v., Harderwijk.

Runhaar, H., & S. Hennekens. 2015. *Hydrologische randvoorwaarden natuur Gebruikershandleiding (Waternoodapplicatie versie 3)*. STOWA, Amersfoort.

ter Steege, M. W., M. C. Salomons, & M. W. Bokje. 2015. *Ecologische verkenning bufferzone Engbertsdijksvenen*. Buro Bakker, Assen.

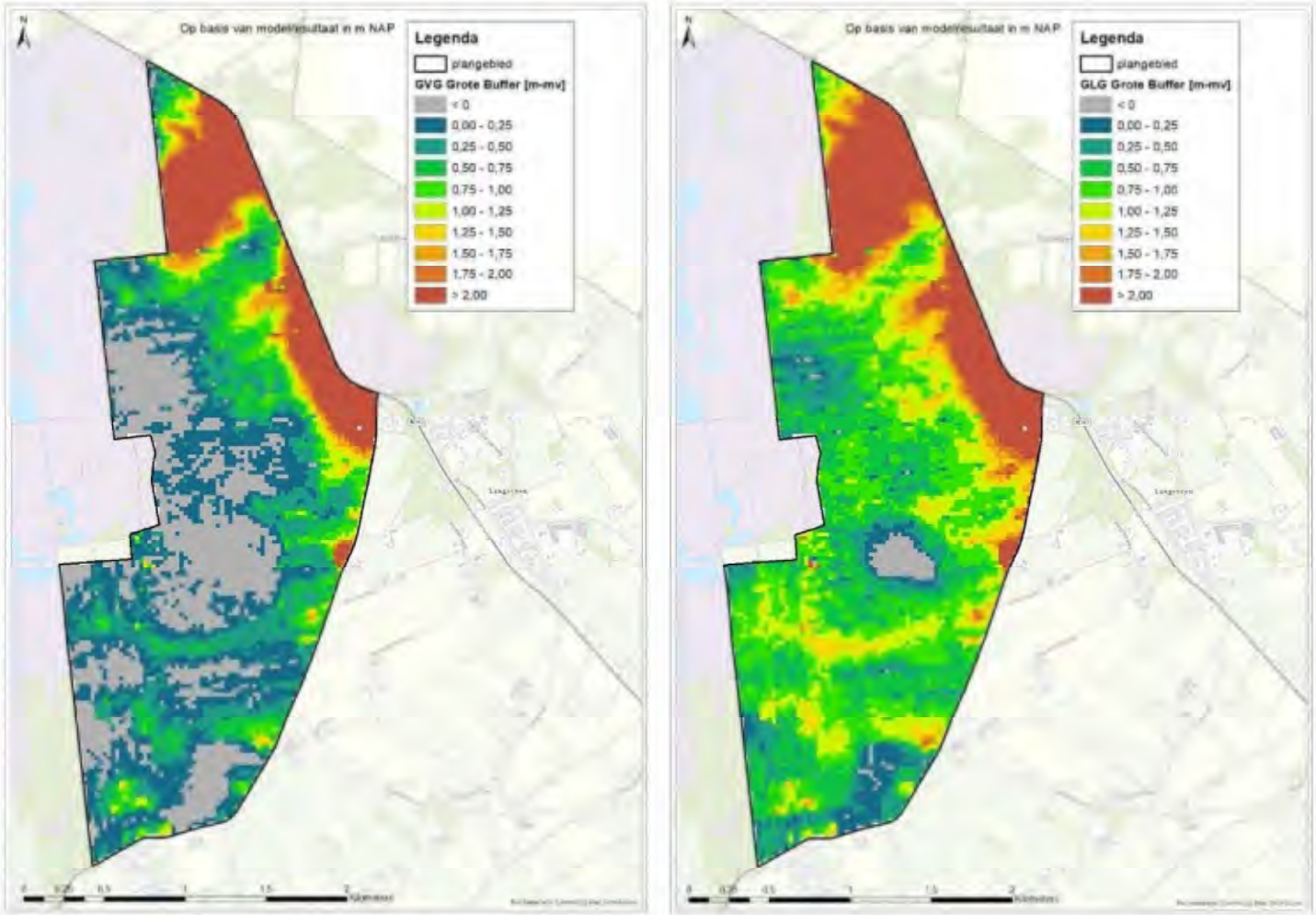
van der Toorn, L., M. Rakhorst, & N. de Hulster. 2012. *Natura2000 Engbertsdijksvenen Effectrapportage Eindrapport*. Arcadis, Apeldoorn.

Royal HaskoningDHV

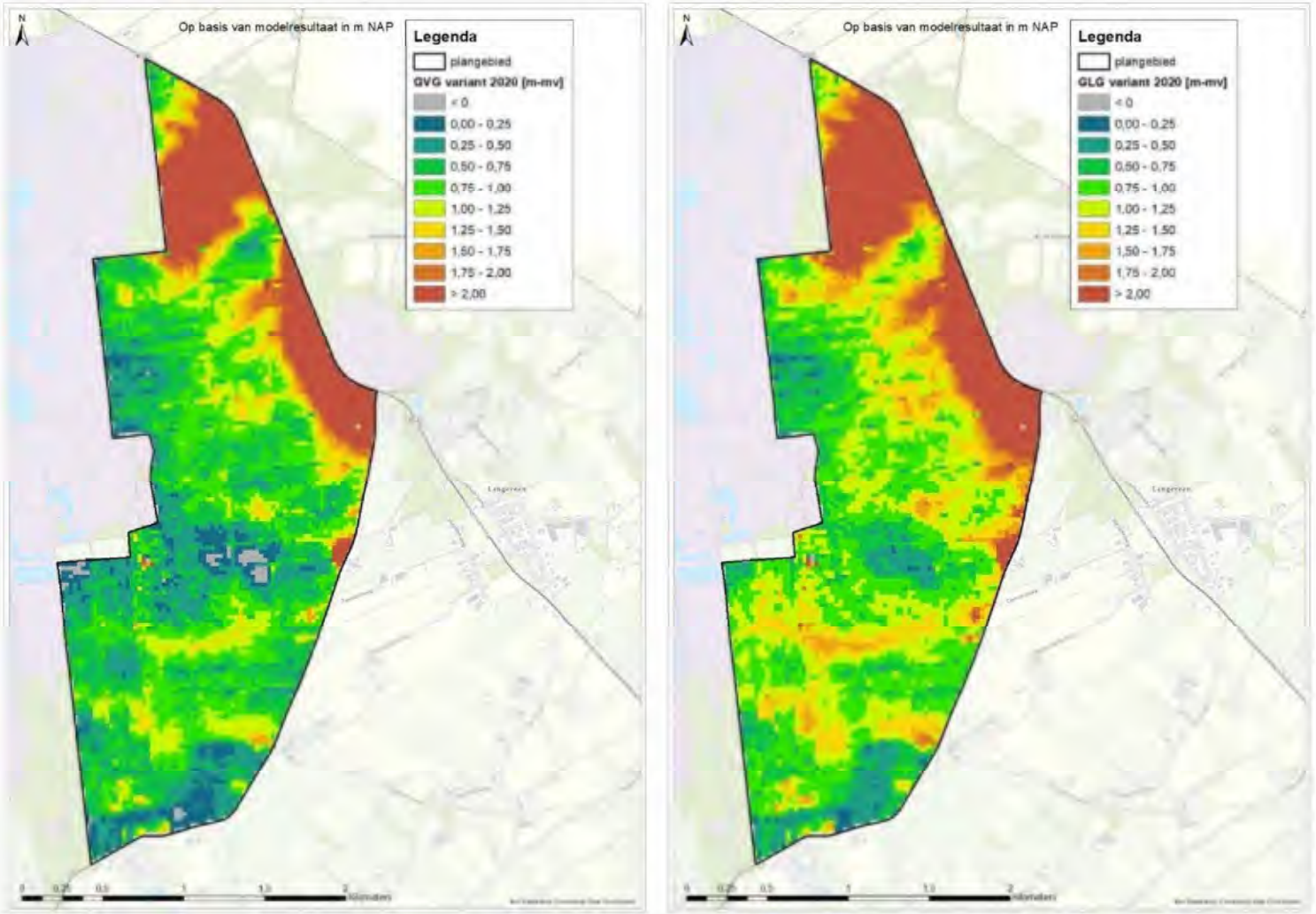
Bijlagen

Royal HaskoningDHV

GVG en GLG voor scenario's 'Grote buffer (2018)' en 'Variant 2020'



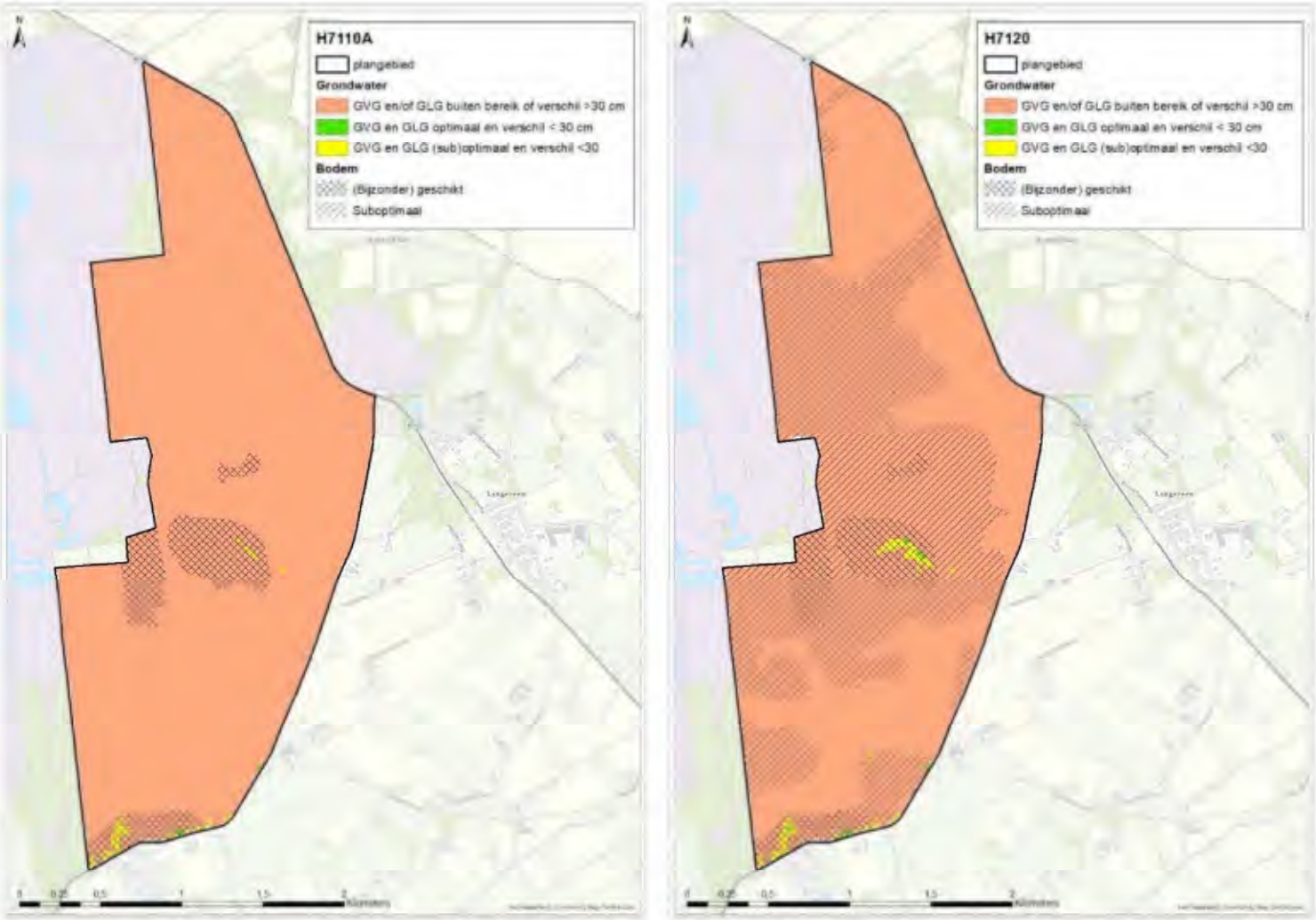
GVG (links) en GLG (rechts) na maaiveldverlaging (25 cm) voor scenario 'Grote buffer (2018)'.



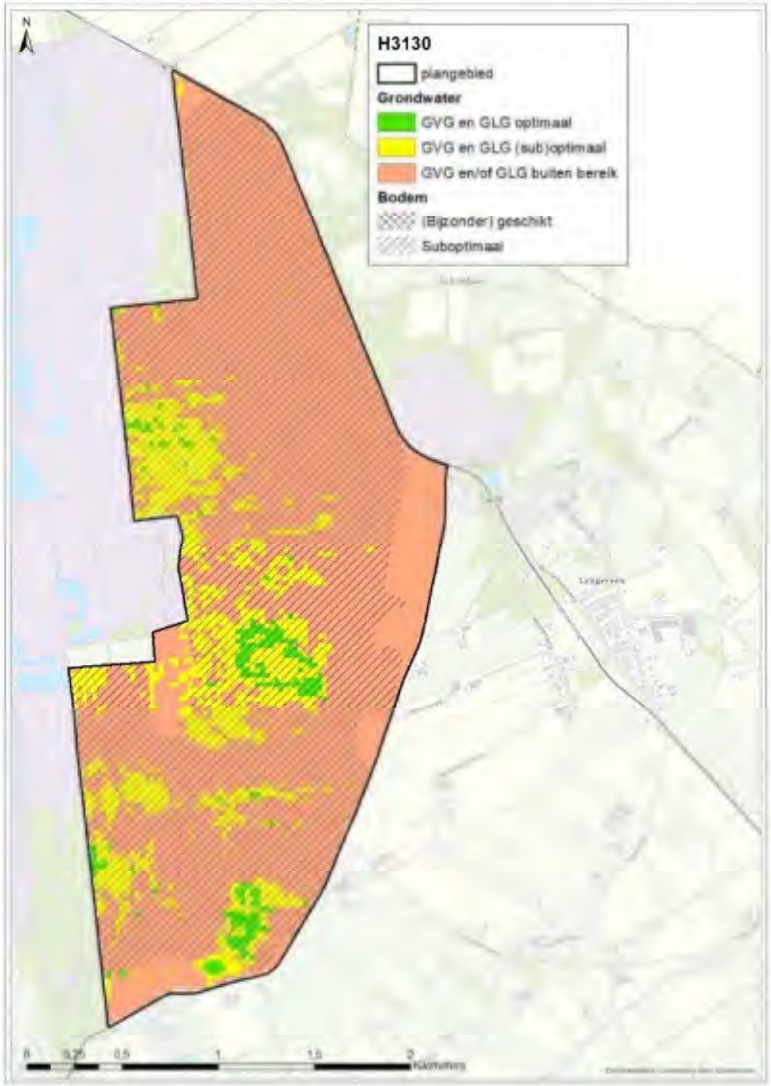
GVG (links) en GLG (rechts) na maaiveldverlaging (25 cm) voor scenario 'Variant 2020'.

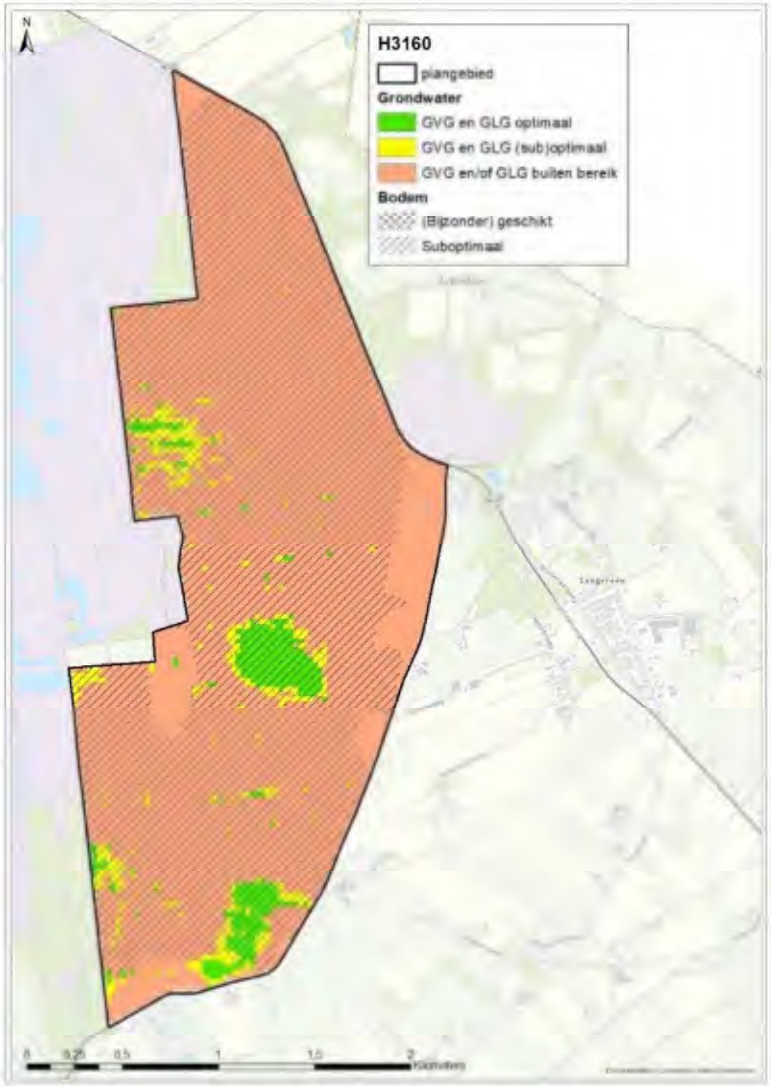
Royal HaskoningDHV

Potenties voor habitattypen in scenario ‘Grote buffer (2020)’.

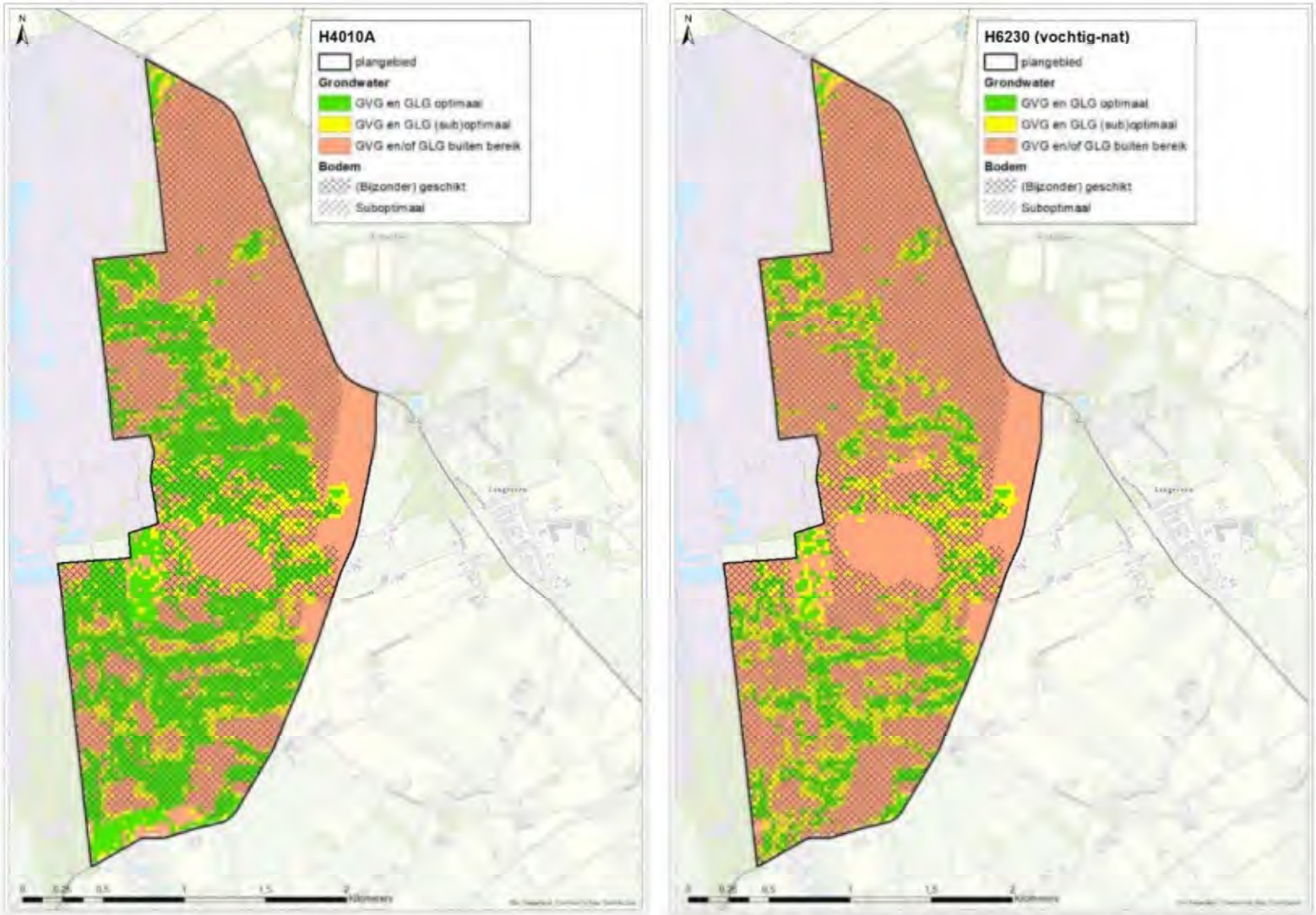


‘Grote Buffer (2018)’: Potenties voor habitattypen H7110A Actief hoogveen (links) en H7120 Herstellend hoogveen (rechts).

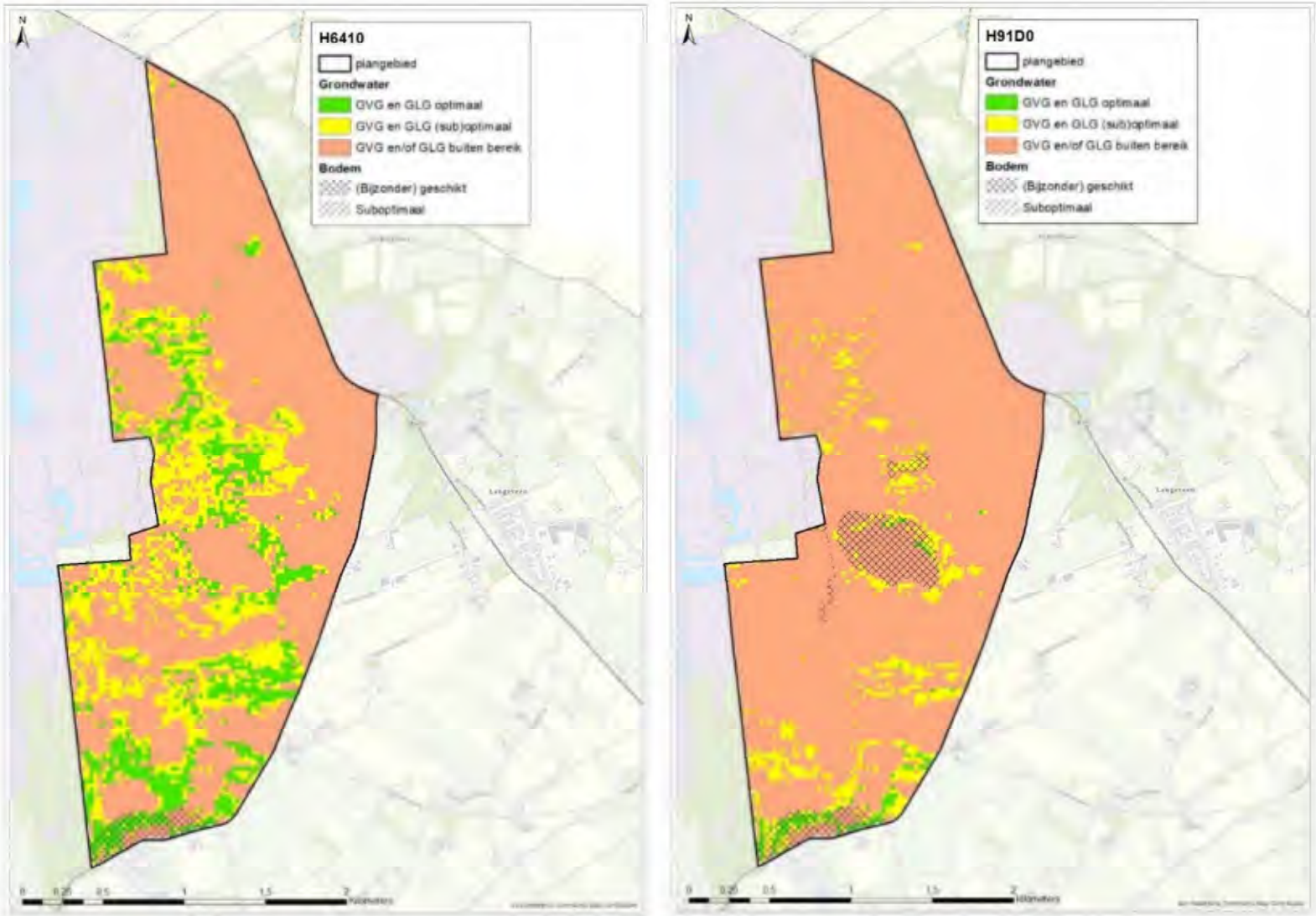




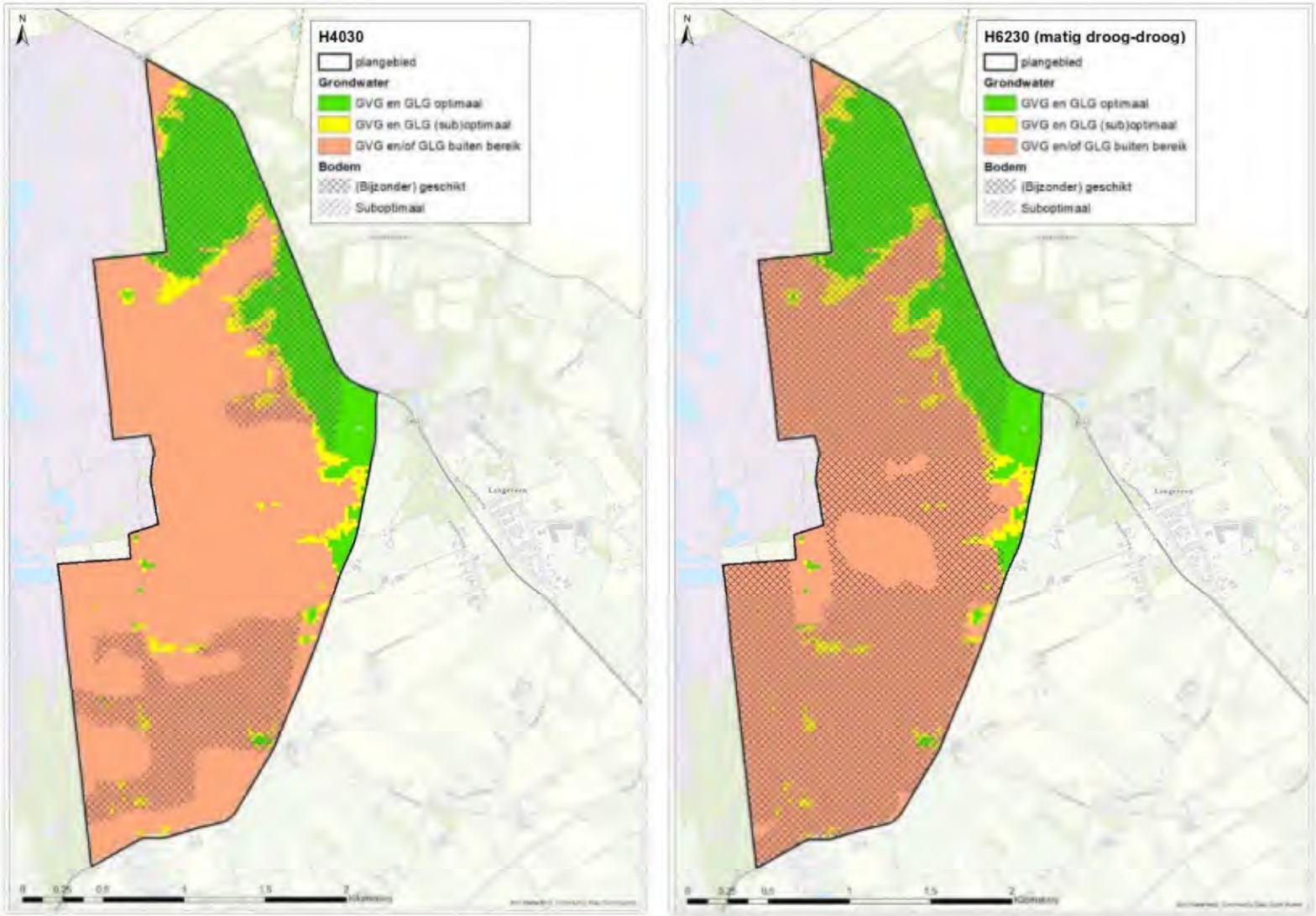
'Grote Buffer (2018)': Potenties voor habitattypen H3130 Zwakgebufferd ven (links) en H3160 Zuur ven (rechts).



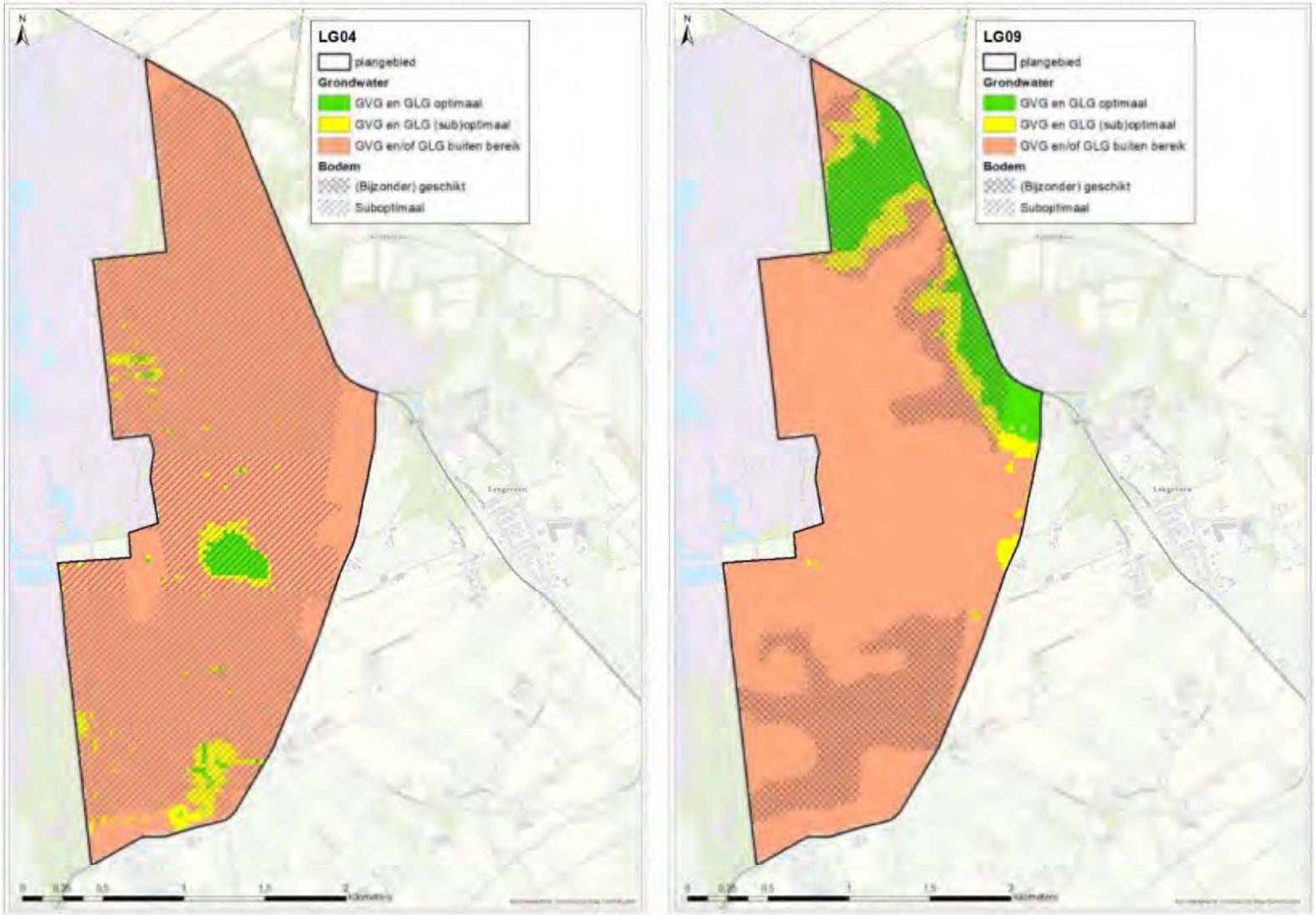
'Grote Buffer (2018)': Potenties voor habitattypen H4010A Vochtige heide (links) en H6230 Heischraal grasland (vochtig-nat) (rechts).



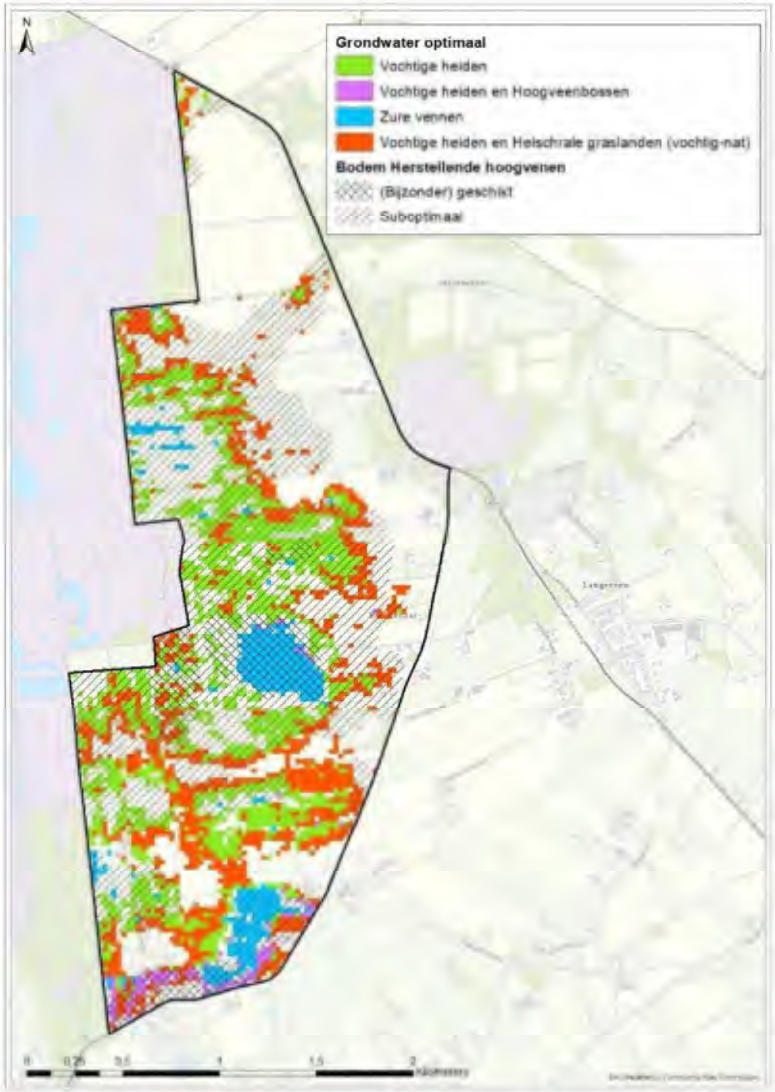
'Grote Buffer (2018)': Potenties voor habitattypen H6410 Blauwgrasland (links) en H91D0 Hoogveenbos (rechts).



'Grote Buffer (2018)': Potenties voor habitattypen 4030 Droge heide (links) en H6230 Heischraal grasland (matig droog – droog) (rechts).



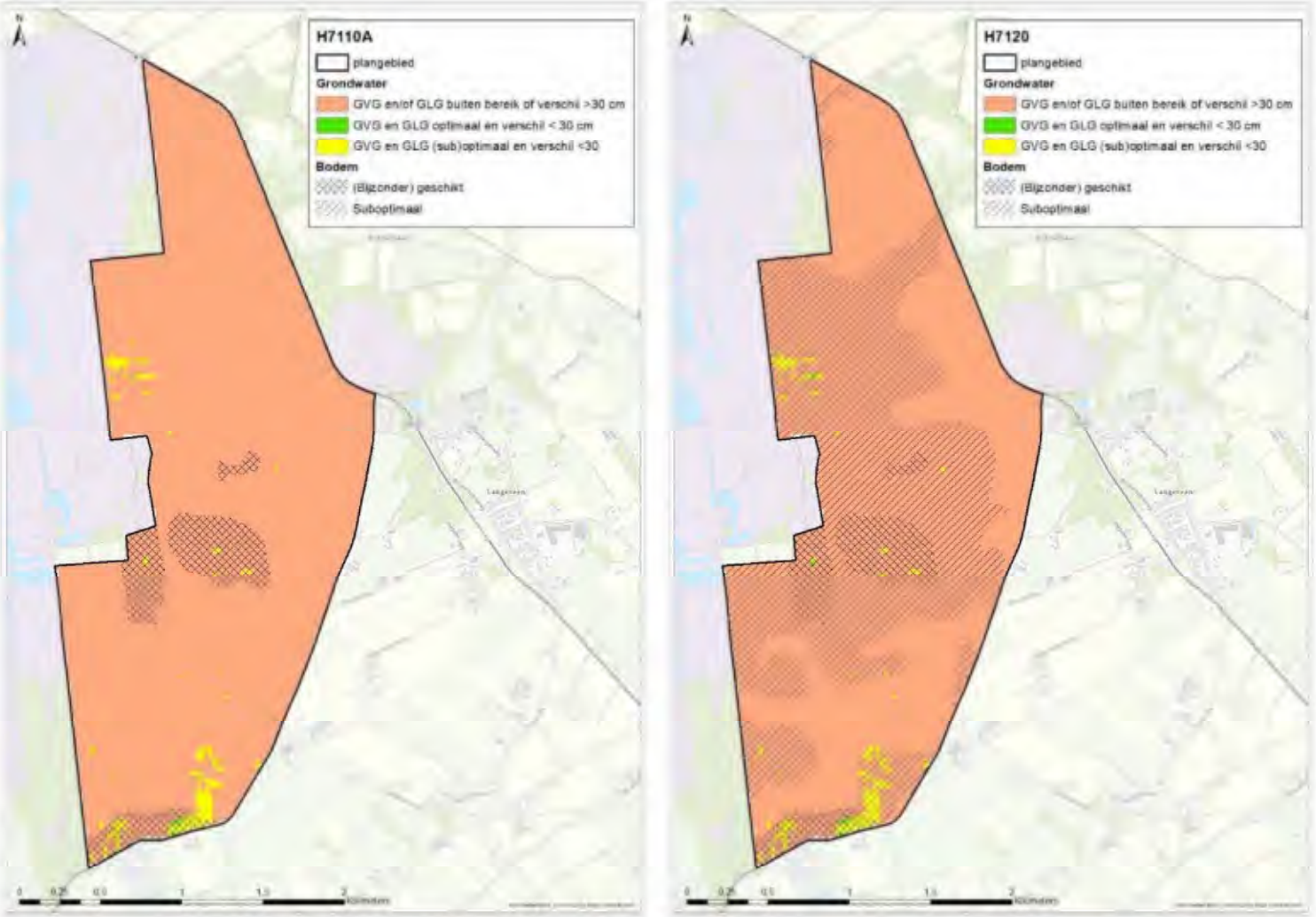
'Grote Buffer (2018)': Potenties voor leefgebieden LG04 Zuur ven (links) en LG09 Droog struisgrasland (rechts).



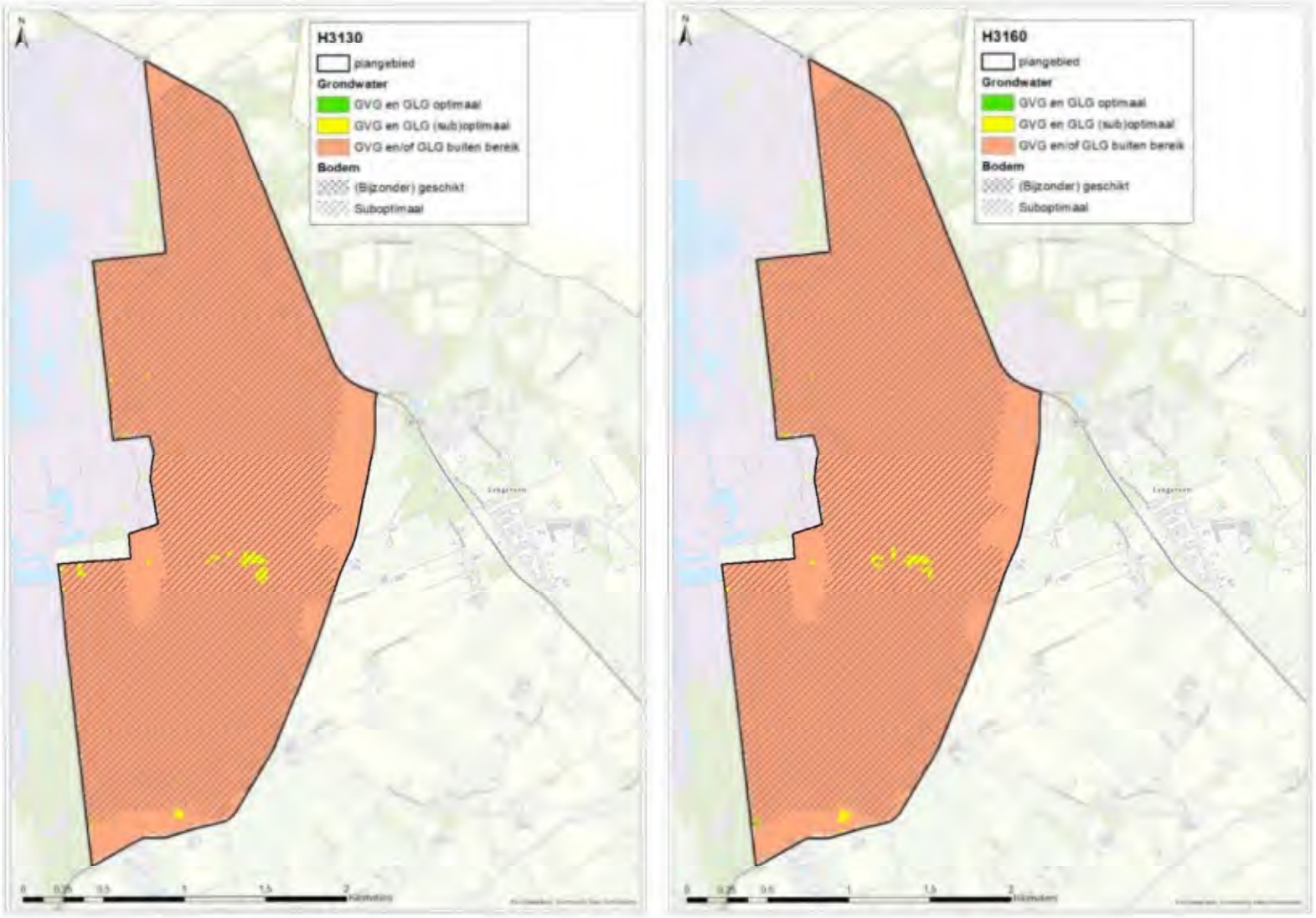
'Grote Buffer (2018)': Potenties voor vegetaties van het 'Hoogveenlandschap', niet zijnde veenvormende vegetaties.

Royal HaskoningDHV

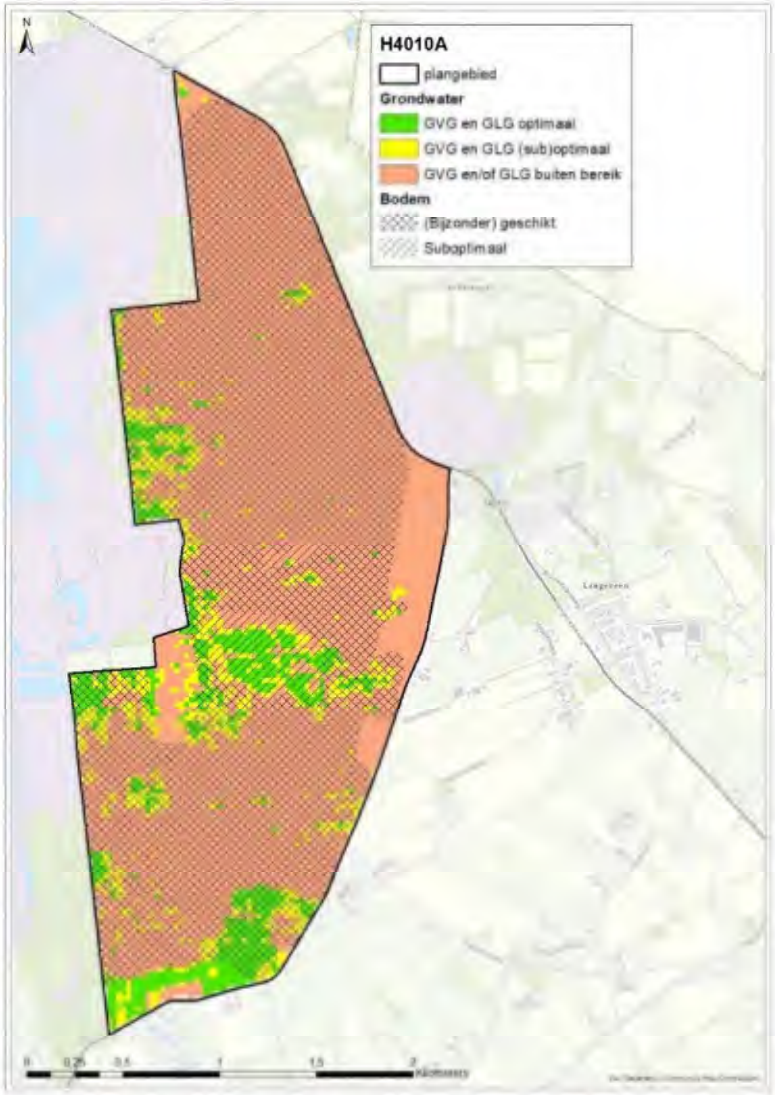
Potenties voor habitattypen in scenario ‘Variant 2020’.

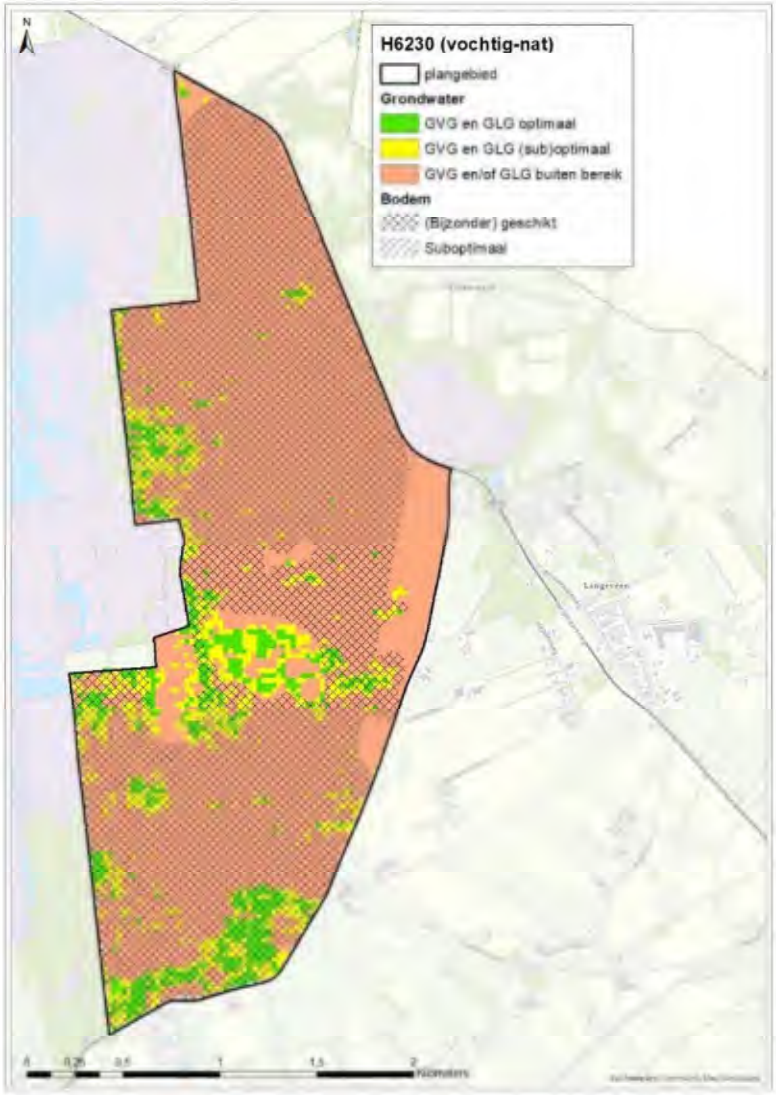


‘Variant 2020’: Potenties voor habitattypen H7110A Actief hoogveen (links) en H7120 Herstellend hoogveen (rechts).

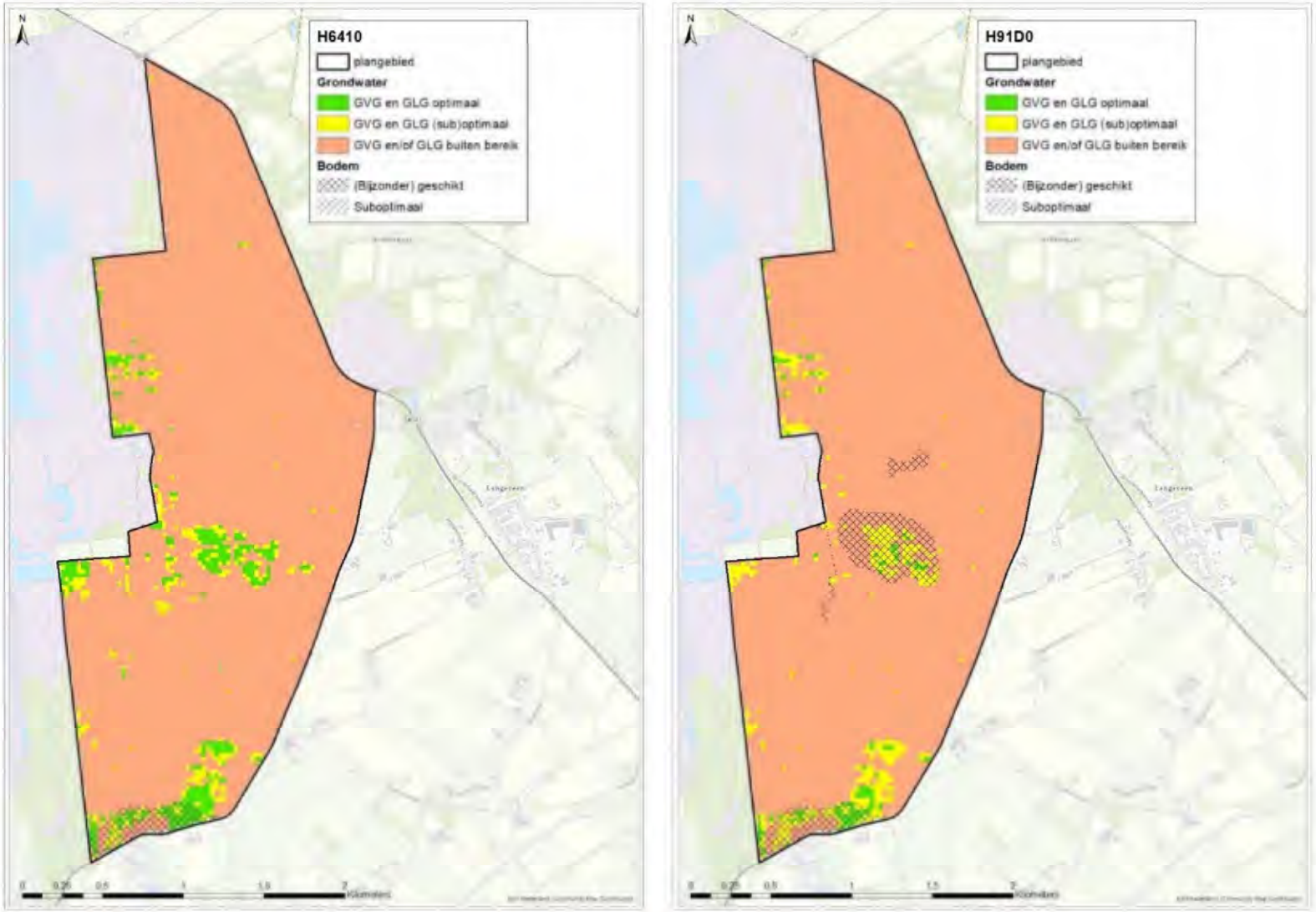


'Variant 2020': Potenties voor habitattypen H3130 Zwakgebufferd ven (links) en H3160 Zuur ven (rechts).

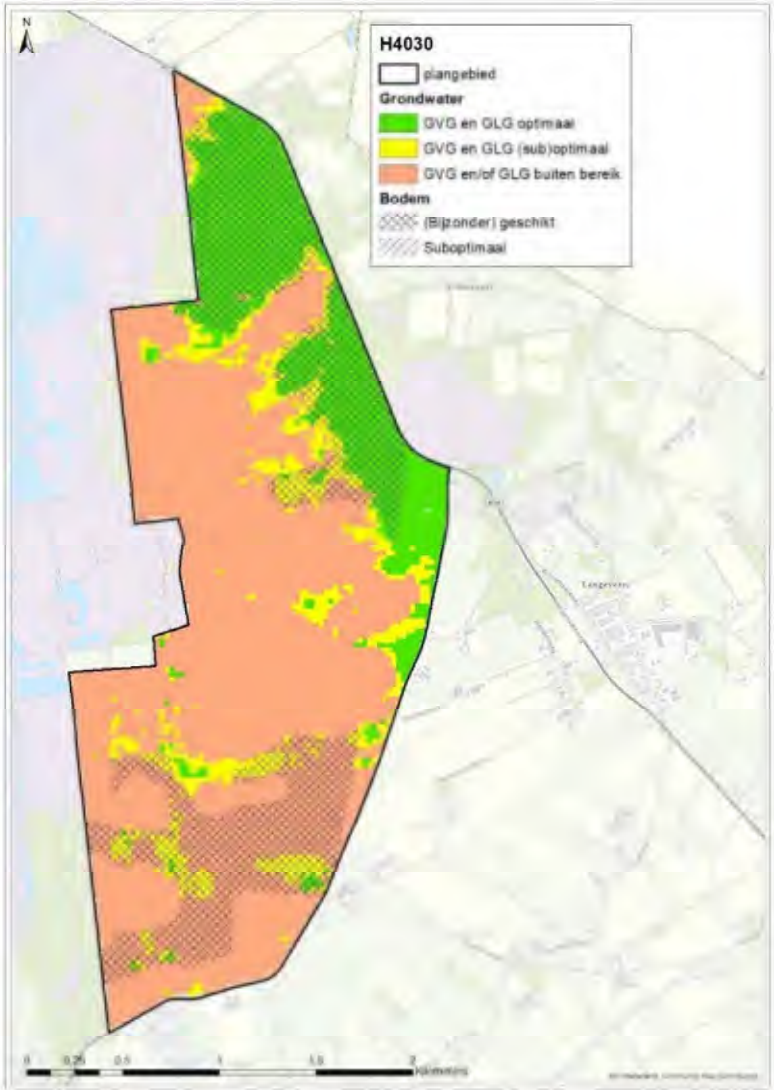


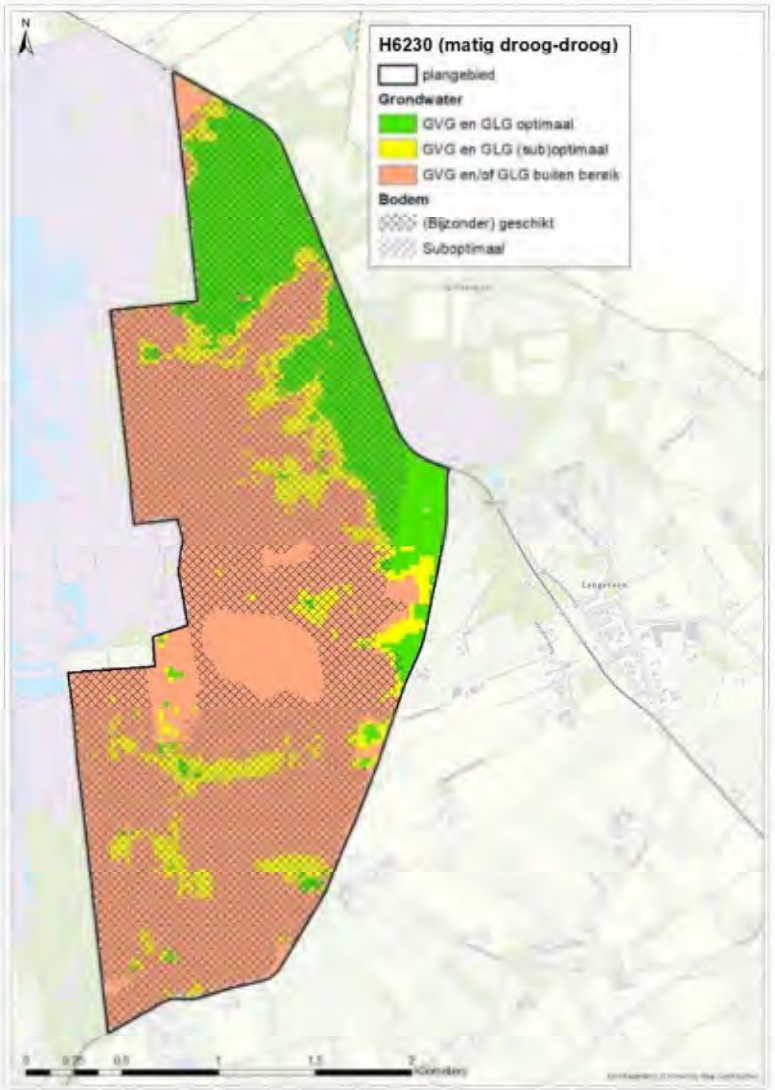


'Variant 2020': Potenties voor habitattypen H4010A Vochtige heide (links) en H6230 Heischraal grasland (vochtig-nat) (rechts).

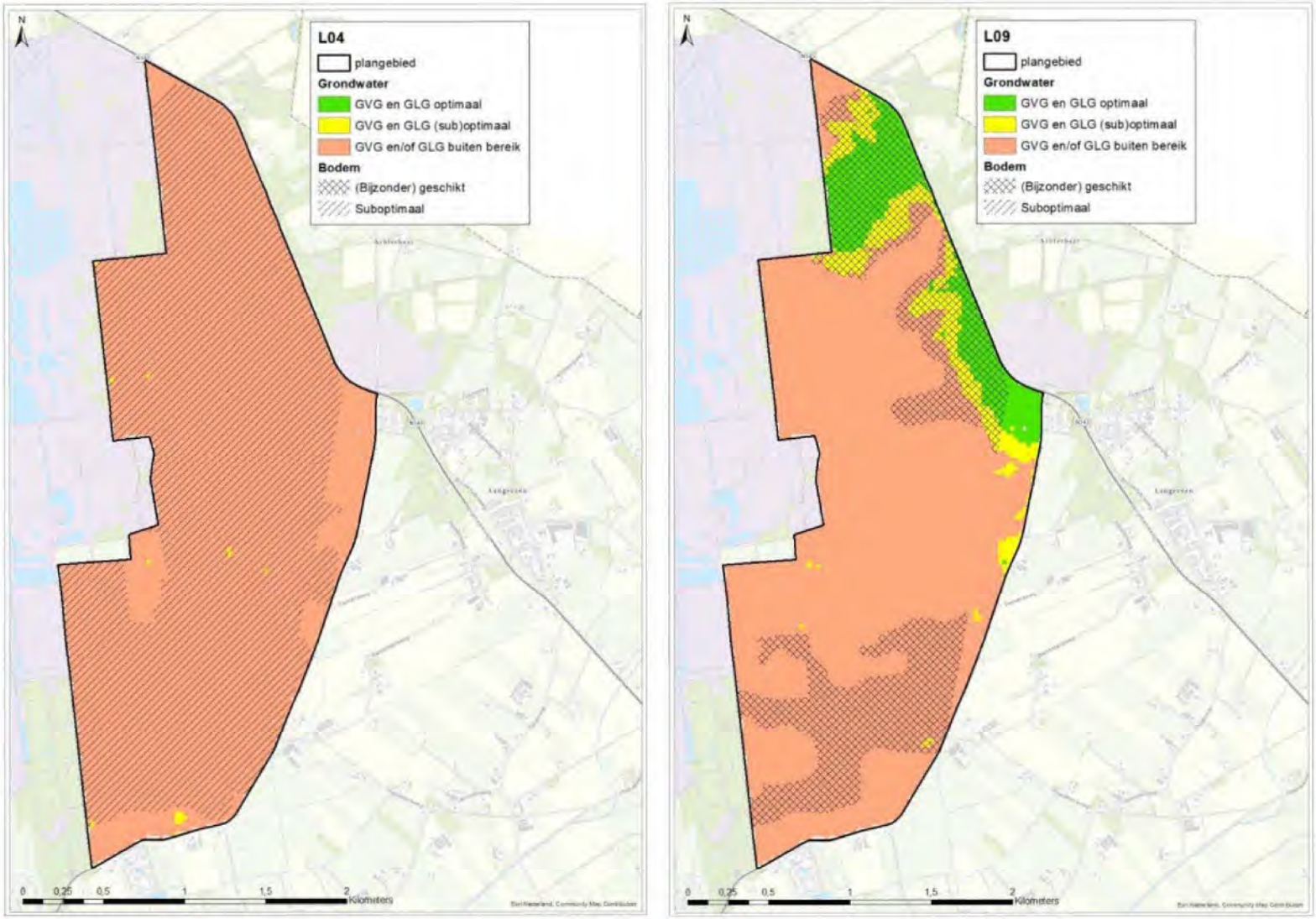


'Variant 2020': Potenties voor habitattypen H6410 Blauwgrasland (links) en H91D0 Hoogveenbos (rechts).

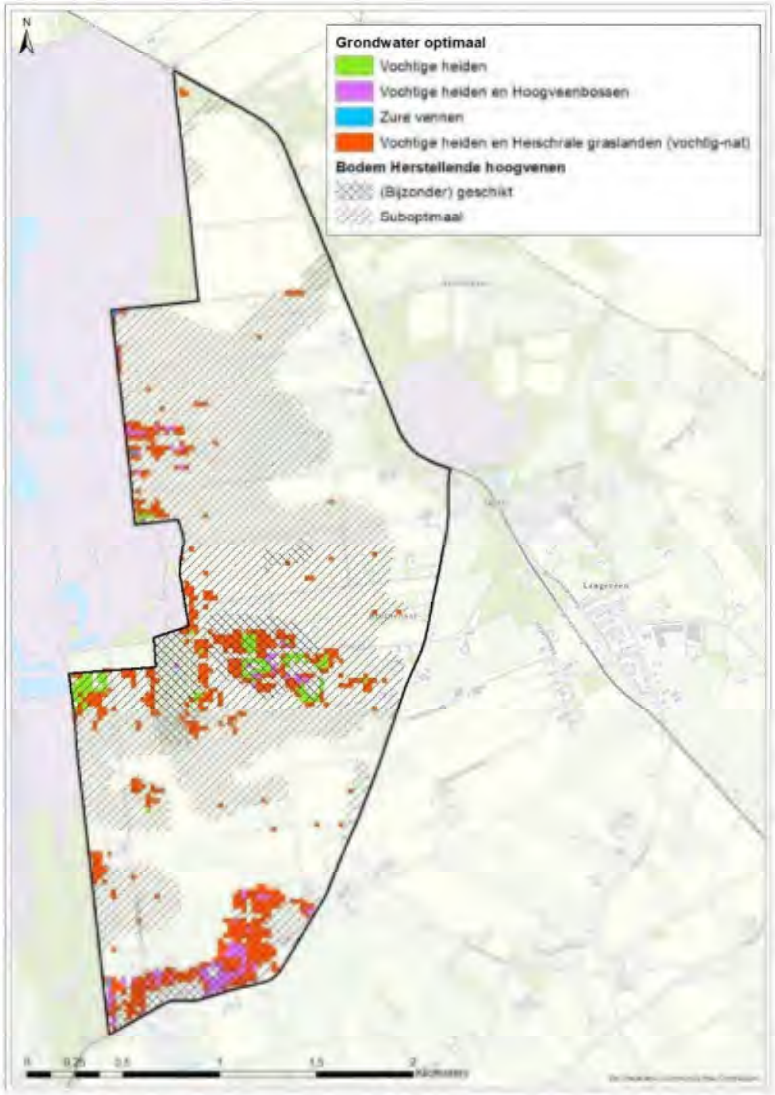




'Variant 2020': Potenties voor habitattypen 4030 Droge heide (links) en H6230 Heischraal grasland (matig droog – droog) (rechts).



'Variant 2020': Potenties voor leefgebieden LG04 Zuur ven (links) en LG09 Droog struisgrasland (rechts).



'Variant 2020': Potenties voor vegetaties van het 'Hoogveenlandschap', niet zijnde veenvormende vegetaties.

ONDERZOEKCENTRUM

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

ONDERZOEK NUTRIËNTEN NIEUWE NATUUR OOSTKANT DRONTEN

- definitief rapport -

Opdrachtgever: Staatsbosbeheer • Auteurs: 5.1.2e & 5.1.2e •
Projectnummer: PR-21.192 • Rapportnummer: RP-21.192.22.20 • Datum: 10-03-2022

ONDERZOEK NUTRIËNTEN NIEUWE NATUUR OOSTKANT DRONTEN

Definitief rapport

5.1.2e

5.1.2e

ONDERZOEKCENTRUM B ware

Titel rapport:
Onderzoek nutriënten Nieuwe natuur oostkant Dronten, definitief rapport

Auteurs:
5.1.2e & 5.1.2e

Rapportnummer: RP-21.192.22.20

Opdrachtgever:
Staatsbosbeheer

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:
5.1.2e
Tel: 5.1.2e
5.1.2e @b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2022

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding 7

1.1 Aanleiding 7

1.2 Aanpak bodem- en hydrochemisch onderzoek 8

1.3 Leeswijzer 9

2. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond 11

2.1 Natuurontwikkeling: belang van fosfaat 11

2.2 Verschralingsmaatregelen bij natuurontwikkeling 12

2.3 Aanvullende (beheer)maatregelen bij natuurontwikkeling 14

3. Materiaal en methoden 15

3.1 Veldwerkzaamheden bodem- en hydrochemisch onderzoek 15

3.2 Chemische analyse 17

3.3 Verschralingsduur 19

4. Abiotiek beoogde natuurtypen 21

4.1 Algemene streefconcentraties 21

4.2 Vochtig heischraalgrasland, blauwgrasland en vochtig hooiland 21

4.3 Glanshaverhooiland 23

4.4 Bosontwikkeling 5.2.1.e Woo 23

4.5 Ontwikkeling kruiden- en faunarijk grasland 25

4.6 Grondwaterstanden 27

5. Resultaten bodem- en hydrochemisch onderzoek 29

5.1 Inleiding 29

5.2 Bodemtype 29

5.3 Algemene bodemchemie 30

5.4 Hydrochemie 32

5.5 Kansen voor natuurontwikkeling 34

5.6 Aanvullende maatregelen 38

6. Synthese, Conclusies en aanbevelingen 41

6.1 Aanleiding en aanpak van het onderzoek 41

6.2 Belangrijkste conclusies 41

7. Literatuur 43

8. Bijlagen 45

8.1 Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem 45

1. INLEIDING

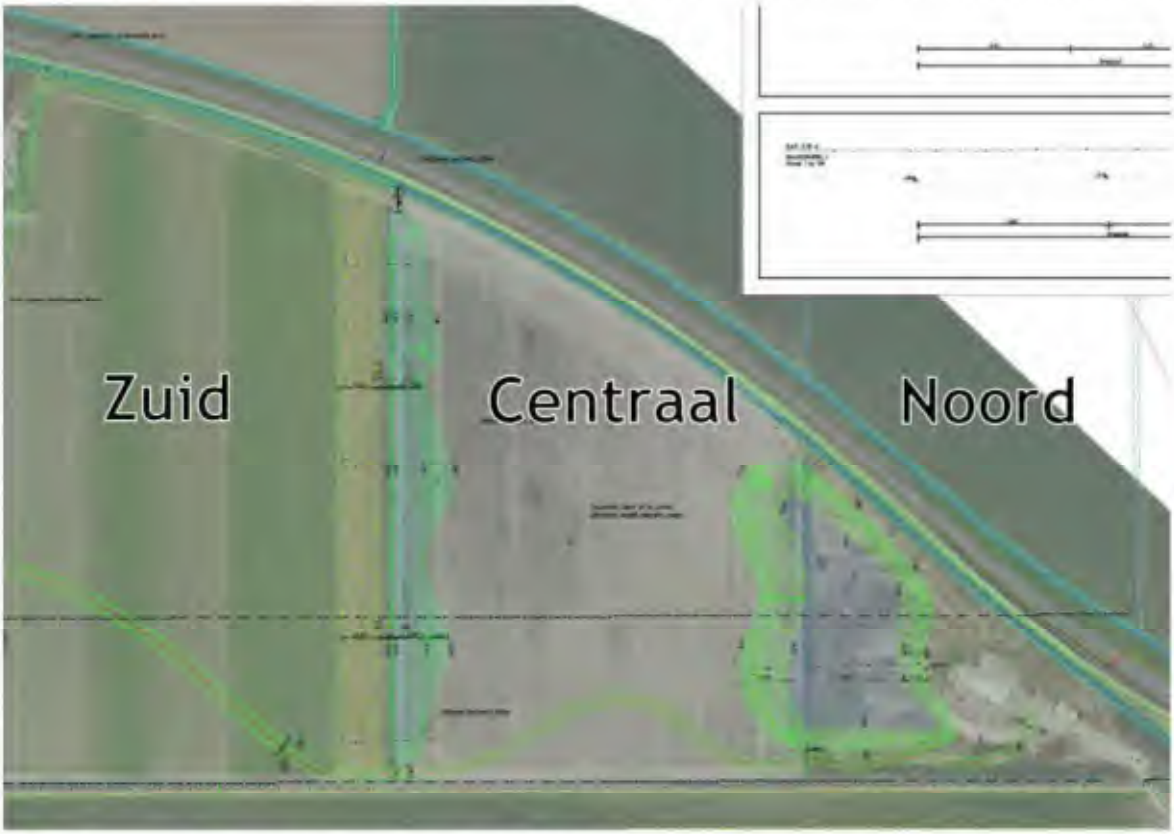
1.1 Aanleiding

Aan de oostrand van Flevoland worden een drietal voormalige landbouwpercelen omgevormd naar natuur (zie Figuur 1). Op basis van het ontwerp wordt het gebied onderverdeeld in drie deelgebieden (zie Figuur 2). In het noordelijk deelgebied is de bedoeling dat er een poel voor amfibieën en lage vegetatie wordt ontwikkeld, het huidige kunstwerk blijft behouden. Het centrale deel betreft een graslandperceel waar de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijkgrasland of vochtig hooiland gewenst is. In het zuidelijk deel wordt bos ontwikkeld op de toplaag.

Onderzoekcentrum B-WARE heeft in opdracht van Staatsbosbeheer een onderzoek uitgevoerd om de natuurpotenties en hieruit volgende inrichtingsmaatregelen in kaart te brengen voor deze percelen. Omdat in het zuidelijk deelgebied bos wordt ontwikkeld zonder verdere verschraling is de bodem hier niet onderzocht.

Het onderzoek is gericht op de bodemchemie en de grondwaterkwaliteit. Het uitvoeren van een systeemanalyse en het opstellen van een inrichtingsplan maken geen deel uit van het onderzoek. Met behulp van de resultaten van dit onderzoek kan de opdrachtgever gericht keuzes maken bij de gebiedsontwikkeling.

Figuur 1. Overzicht van de globale ligging van het onderzoeksgebied.



Figuur 2. Uitsnede van het concept ontwerp (05-07-2021) en de ligging van de zones in het onderzoeksgebied.

1.2 Aanpak bodem- en hydrochemisch onderzoek

De fosfaatrijkdom, mate van buffering en ijzerconcentraties van de bodem zijn bepaald aan de hand van een bodemchemisch onderzoek. Op 9 locaties in het onderzoeksgebied zijn daarvoor op verschillende diepten bodemmonsters verzameld. Daarnaast is op 2 locaties het grondwater en op 2 locaties het oppervlaktewater bemonsterd.

Op basis van de onderzoeksresultaten wordt aangegeven op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor soortenrijke natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschralingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.

Concreet worden de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

1. Wat is de bodemopbouw op de 9 boorlocaties?
2. Wat zijn de P-concentraties in de toplaag en wat zijn de kansen voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur (hoog ambitieniveau) of bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland (lager ambitieniveau)?
3. Tot op welke diepte is de bodem verrijkt met fosfor, wat is de geadviseerde ontgrondingsdiepte voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur?
4. Biedt de grondwater- en/of de oppervlaktewaterkwaliteit kansen voor de beoogde natuurontwikkeling of vormt deze een knelpunt? En wat zijn de risico's?
5. Welke natuurpotenties zijn er op basis van de bodemchemie, grond- en oppervlaktewaterkwaliteit en de grondwaterstanden?
6. Welke aanvullende of alternatieve inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen ter bevordering van de soortenrijkdom?

Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de verschralingsmogelijkheden en natuurpotenties op basis van de bodemchemische omstandigheden en het bodemtype. Daarnaast zijn ook de grondwaterkwaliteit en (variatie in) grondwaterstanden van invloed op de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Deze (geo)hydrologische aspecten maken echter geen (of in onvoldoende mate) onderdeel uit van dit onderzoek. De resultaten uit dit onderzoek kunnen sterk bepalend zijn voor de keuzes die bij de gebiedsinrichting gemaakt worden. De keuze van de uiteindelijke inrichtingsmaatregelen is echter niet alleen afhankelijk van de kansrijkdom qua bodemchemie. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. Een ontgronding kan bijvoorbeeld een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

1.3 Leeswijzer

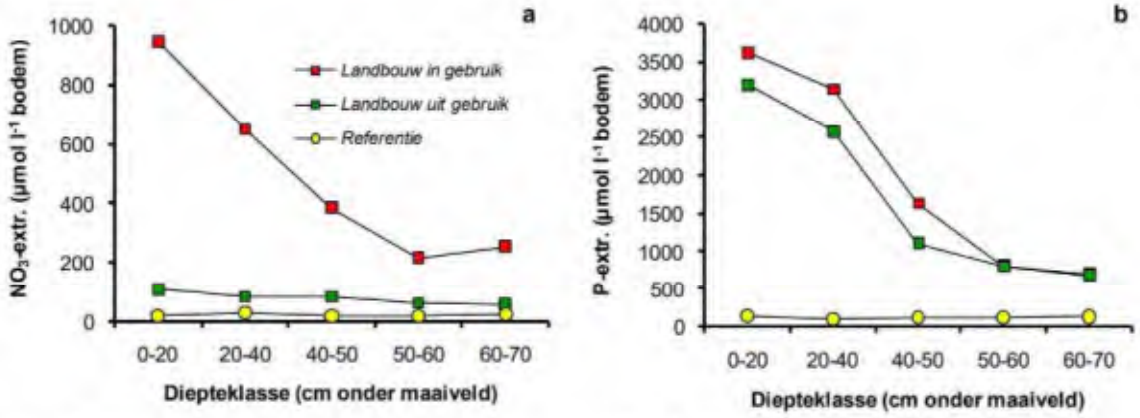
In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden en in hoofdstuk 3 worden de toegepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 4 worden de abiotische randvoorwaarden van de beoogde natuurbeheertypen besproken. Daarnaast komen de kansen voor de ontwikkeling van kruidenrijk grasland aan bod. De resultaten van het bodemchemisch onderzoek worden in hoofdstuk 5 beschreven inclusief de kansen voor de natuurontwikkeling plus de mogelijke (inrichtings)maatregelen die daarvoor nodig zijn. In hoofdstuk 6 worden de synthese, belangrijkste conclusies en aanbevelingen beschreven. Hoofdstuk 7 bevat een overzicht van de gebruikte literatuur en hoofdstuk 8 de bijlagen.

2. NATUURONTWIKKELING OP VOORMALIGE LANDBOUWGROND

2.1 Natuurontwikkeling: belang van fosfaat

De kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de beschikbaarheid van nutriënten als fosfor (P) en stikstof (N). Stikstoflimitatie is moeilijk te bereiken vanwege de hoge stikstofdepositie in Nederland en ook omdat onder relatief stikstofarme omstandigheden stikstofbindende soorten zich sterk uitbreiden. Het is daarom van belang om te sturen op fosforlimitatie.

Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Figuur 3; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006). Fosfor daarentegen wordt sterk in de bodem gebonden en de fosforbeschikbaarheid neemt na beëindiging van het agrarische gebruik niet sterk af (Figuur 3; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Het is daarom van belang om met maatregelen de beschikbaarheid van fosfor in de bodem te reduceren (zie paragraaf 2.2).



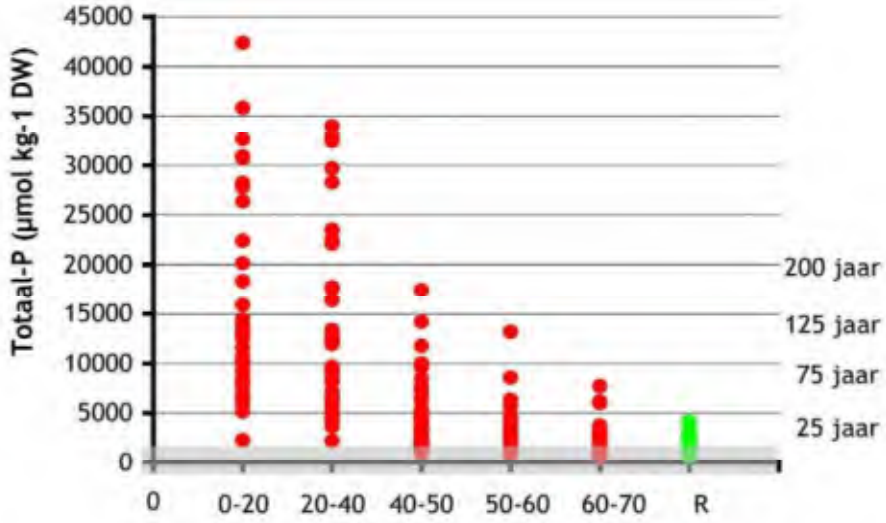
Figuur 3. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de bodem niet meer in landbouwkundig gebruik is doordat het uitspoelt naar het grondwater of wordt gedenitrificeerd. Het sterk in de bodem gebonden (immobiele) fosfaat verdwijnt echter niet op een natuurlijke wijze uit de bodem. Bron: Lamers e.a. (2009).

In tegenstelling tot stikstof neemt de fosforbeschikbaarheid niet door uitspoeling sterk af. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde uitgangssituatie te krijgen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd) (Figuur 3; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag meestal onontkoombaar. Hierbij is het belangrijk om vast te stellen tot hoe diep ontgrond moet worden om een voldoende P-arme uitgangssituatie te creëren. Dit kan door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten (Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; van Mullekom e.a., 2013).

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders e.a., 2006). In de bodem zorgen geoxideerde ijzerverbindingen (ijzer(hydr)oxiden; roest) in belangrijke mate voor de vastlegging

60238 0027

van fosfaat. Onder natte condities kan er geen zuurstof meer in de bodem doordringen waardoor geoxideerde ijzerverbindingen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen.



Figuur 4. Totaal-P concentraties in verschillende voormalige landbouwgronden (rood) en referentiegebieden (R, groen). Op de X-as wordt de diepte in cm weergegeven waarop de monsters zijn genomen. Het grijze gebied geeft de streefwaarde van 2500 µmol totaal-P per kilogram droge bodem. Rechts wordt het aantal jaren gegeven dat nodig is om de totaal-P waarden te laten dalen tot deze referentiewaarde door middel van maaien en afvoeren, aannemende dat er 10 kg P per hectare per jaar kan worden afgevoerd. Bron: Smolders e.a. (2006).

2.2 Verschralingsmaatregelen bij natuurontwikkeling

Verschraling (limitatie van voedingsstoffen) op voormalige landbouwgronden kan op verschillende manieren bereikt worden. De verschillende gangbare methoden worden in de volgende alinea's beknopt toegelicht en kunnen met elkaar gecombineerd worden:

Extensieve begrazing

Bij extensieve begrazing worden nutriënten opgenomen door grazers. Via mest en urine komen ze dan elders weer vrij. Probleem hiervan is echter dat dit vooral leidt tot herverdeling van nutriënten binnen het gebied en veel minder tot de afvoer van nutriënten. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*), niet of weinig gegeten, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009).

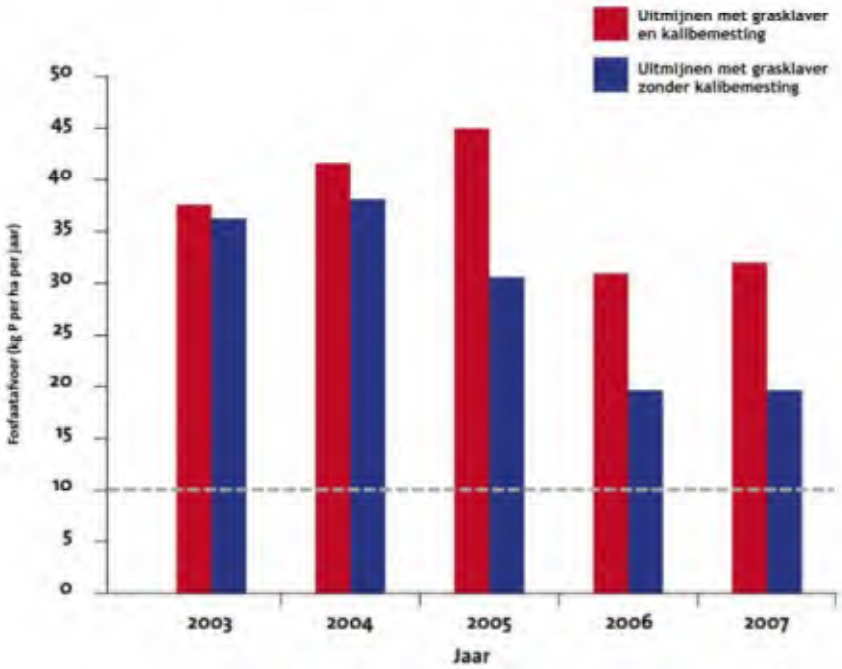
Intensief beheer met maaien en afvoeren

Intensief beheer in de vorm van maaien en afvoeren levert in veel gevallen voldoende resultaat op om de bestaande (gewenste) vegetaties in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal worden afgevoerd, waardoor ze uit het systeem worden onttrokken (Smolders e.a., 2006). Echter, bij landbouwgronden, die intensief zijn bemest, is deze vorm van beheer niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem snel te verlagen. Het kan vele jaren duren, bij sterk bemeste percelen vaak tot 200 jaar, voordat zoveel nutriënten zijn verwijderd dat er sprake is van een voedselarme bodem (Figuur 4, Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005).

60238 0027

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschraling door middel van een gewas waarvan de productie op peil wordt gehouden door middel van aanvullende bemesting opdat de afvoeren van het doelnutriënt (fosfor) maximaal is. Door middel van het zaaien van grasklaver in combinatie met kalibemesting en een maaibeheer kan fosfaat versneld (40 kg P/ha/jaar: 4x sneller als met maaien en afvoeren) aan de bodem worden onttrokken (Timmermans & van Eekeren, 2012). Klaver houdt met haar stikstofbinding de productie gaande en kalibemesting wordt gebruikt om klaver optimaal te laten groeien. Ook met deze beheersmaatregel duurt het op voormalige landbouwgronden vaak tientallen jaren voordat het gewenste verschralingsniveau is bereikt (van Mullekom e.a., 2013). Het uitmijnen kan versneld worden door het verwijderen van de extreem voedselrijke toplaag.



Figuur 5. Fosfaatafvoer (in kg fosfor per ha per jaar) door uitmijnen met grasklaver (klaver voor het vastleggen van stikstof) en kalibemesting en met grasklaver zonder kalibemesting (start eind 2002). De fosfaatafvoer werd bereikt door het maken van vier tot vijf maaisneden per jaar. Na enkele jaren daalt de afvoer van fosfaat in het deel zonder aanvullende kalibemesting. Stikstof- en kalibronnen zijn nodig voor een hoge fosfaatafvoer. Op de lange termijn is de gemiddelde afvoer bij uitmijnen ongeveer 40 kg fosfor per ha per jaar. Dit komt overeen met circa 90 kg fosforpentoxide (P_2O_5) per ha per jaar. Met jaarlijks eenmalig maaien en afvoeren kan een fosfaatafvoer van ca. 10 kg P per ha per jaar worden bereikt (grijze stippellijn). Bron: Timmermans & van Eekeren (2012; 2016).

Ontgronden

Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (Smolders e.a., 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het fosfaatfront bepaald worden. Dit komt namelijk niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (Smolders e.a., 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem terecht komen. Door middel van ontgronding kan een snelle verschraling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom e.a., 2007; 2013). Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog

60238 0027

aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven echter sterk verstoord (zie o.a. Tsiafouli e.a., 2015; Bobbink e.a., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig (zie paragraaf 2.3), zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgronding van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

2.3 Aanvullende (beheer)maatregelen bij natuurontwikkeling

Na het verwijderen van de P-verrijkte toplaag is het vaak nodig om nog een aantal jaren aanvullend verschralingbeheer te plegen door middel van maaien en afvoeren. Begrazen houdt het terrein wel open maar leidt nauwelijks of niet tot een verdere verschraling van het terrein. Nadat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd is er vaak nog geen sprake van de gewenste vegetatieontwikkeling. Vooral de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over. Door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat nitraat werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (van Mullekom e.a., 2009; 2013). Wanneer plagsel wordt gebruikt voor herintroductie worden tevens mycorrhiza's (schimmels die planten helpen bij de opname van voedingsstoffen op voedselarme gronden) van de doelsoorten en andere essentiële bodem micro-organismen in het gebied geïntroduceerd (Bobbink e.a., 2016). Zonder introductie van doelsoorten is de kans op vestiging van deze soorten te verwaarlozen indien er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska e.a., 2007).

Uiteraard is het voor het realiseren van een gewenst natuurdoeltype niet alleen van belang dat de bodemchemie geschikt is maar tevens dat de hydrologie van het systeem op orde is. Met name in grondwaterafhankelijke systemen (bijv. nat schraalland en dotterbloemhooiland) zullen veelal aanvullende hydrologische maatregelen nodig zijn. Deze maatregelen moeten vaak in de omgeving genomen worden omdat grondwaterafhankelijke systemen vaak gevoed worden door grondwater dat inzijgt op aanzienlijke afstand. Een bijkomend voordeel van verschralen via ontgronden is dat door verlaging van het maaiveld de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld stijgen, waardoor waarschijnlijk minder ingrijpende hydrologische maatregelen in de omgeving noodzakelijk zijn.

60238 0027

3. MATERIAAL EN METHODEN

3.1 Veldwerkzaamheden bodem- en hydrochemisch onderzoek

Op 4 januari 2022 werden op 9 locaties ondiepe boringen tot 150 of 200 cm onder maaiveld gezet. De locaties werden geselecteerd op basis van de actuele en historische perceelverdeling, hoogteverschillen in het landschap en variatie in het bodemtype. De boringen werden verricht met een Edelmanboor en de exacte boorlocaties werden ingemeten met een GPS (Tabel 1). Het bodemprofiel werd beschreven conform NEN 5104 door boormeester 5.1.2e van ATKB (zie Bijlage 1 voor de profielbeschrijvingen). Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en indien waarneembaar in het profiel ook de GHG en GLG (Tabel 1). Daarnaast is op 2 locaties het grondwater en op 2 locaties het oppervlaktewater bemonsterd.

Tabel 1. Overzicht van de monsterdatum, deelgebied, diepte, type monster (B= Bodem, GW = grondwater, OW = oppervlaktewater), coördinaten, hoogte ten opzichte van maaiveld (in m), landgebruik (BR = braak/natuur, AK = akker en WS = water), actuele grondwaterstand (GWS; 4 januari 2022), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) per locatie. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 6 en Figuur 7.

Locatie	Deelgebied	Monster	Diepte	X	Y	Mvh	Gebruik	GWS	GLG	GHG
1	1	B	150	183536	496369	-2,2	BR	70	100	50
2	1 (plas)	B+GW	200	183449	496314	-2,3	BR	70	90	40
3	2	B	150	183439	496205	-2,2	AK	70	80	35
4	2	B	150	183363	496241	-2,2	AK	70	80	40
5	2	B	150	183299	496280	-2,2	AK	75	85	40
6	2	B+GW	150	183385	496121	-2,1	AK	60	80	20
7	2	B	150	183285	496170	-2,1	AK	10	75	0
8	2	B	150	183181	496208	-2,8	AK	85	90	55
9	3 (oever)	B	150	183239	496110	-2,1	AK	80	>150	55
OW1	1	OW	-	183426	496285	-3,2	WS	-	-	-
OW2	2/3	OW	-	183266	496086	-3,1	WS	-	-	-

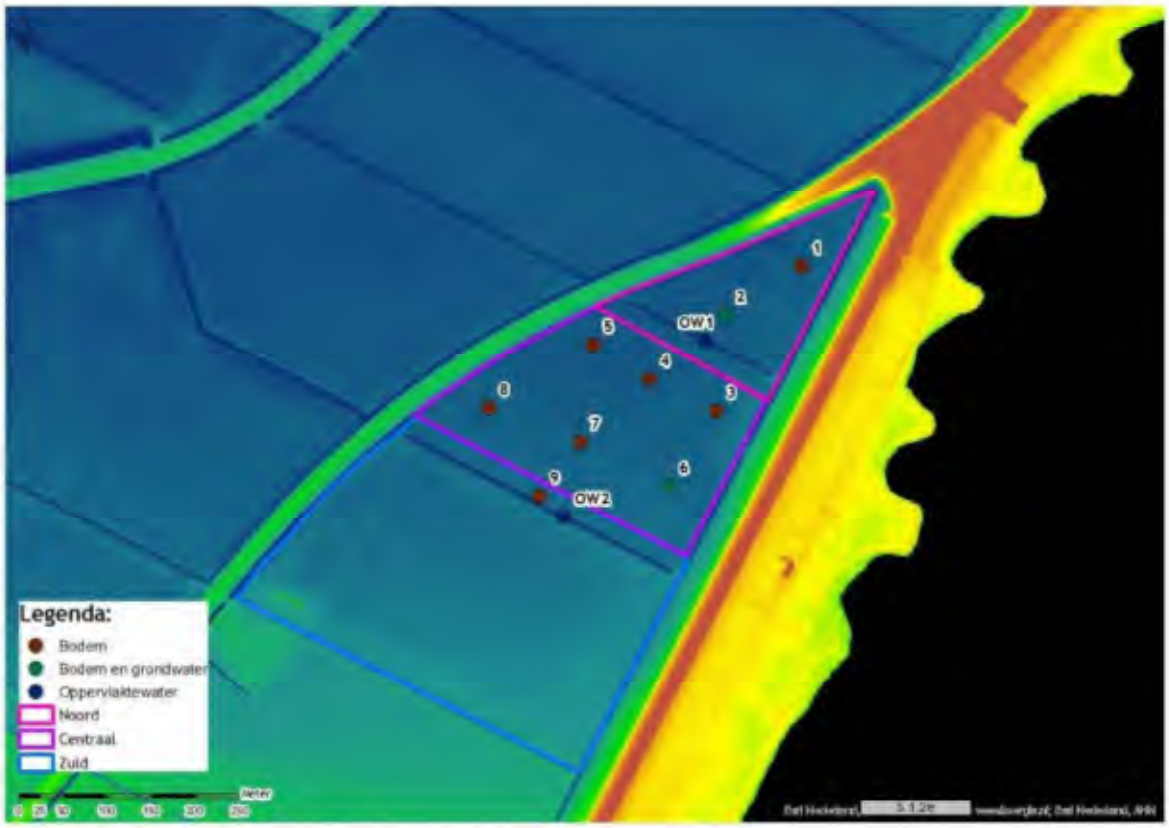
Op de locaties werden op 4 dieptes bodemmonsters verzameld. De globale strategie was:

- Toplaag (0-20 cm-mv);
- Restant bouwvoor
- 0-10 cm onder de bouwvoor
- 10-20 cm onder de bouwvoor.

De bodemmonsters werden vervoerd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. In totaal zijn 39 bodemmonsters en 4 watermonsters geanalyseerd. In paragraaf 3.2 worden de analysemethoden nader toegelicht.

60238 0027

Figuur 6. Overzicht van de ligging van de bodemmonsterlocaties in het onderzoeksgebied op een topografische kaart.



Figuur 7. Overzicht van de ligging van de bodemmonsterlocaties in het onderzoeksgebied op een hoogtekaart.

3.2 Chemische analyse

Voor de bodemmonsters zijn de volgende variabelen bepaald:

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid;
- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);

Voor een selectie van 24 bodemmonsters zijn de volgende variabelen bepaald:

- pH-zout en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. ammonium, nitraat en calcium;

Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid

Het vochtpercentage van het verse bodemmateriaal werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 48 uur bij 60 °C. Omdat de bakjes precies tot aan de rand werden afgevuld (volume = 40 ml) konden later ook de concentraties worden omgerekend naar mol per liter bodemvolume. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550 °C. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Plantenbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen e.a.,1954) bepaald. Het principe van deze extractiemethode is dat natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) zorgt voor een daling van de concentratie opgeloste calciumionen via de vorming van onoplosbaar calciumcarbonaat ($CaCO_3$). Hierdoor stijgt de concentratie opgelost fosfaat. Natriumbicarbonaat brengt ook de labiele, voor planten snel beschikbare, proportie van de organische fractie in oplossing. Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4 °C bewaard tot verdere analyse. De Olsen-P concentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmateriaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2, 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milli Q water. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4 °C bewaard voor verdere analyse. Concentraties van elementen werden berekend in µmol per liter bodem.

Zoutextractie (NaCl-extractie)

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden ionen verdrongen door natrium en chloride. Met deze extractie kan onder andere de pH, ammonium- en

60238 0027

nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden. Daarnaast kan op basis van de aluminium/calcium-ratio een goede inschatting gemaakt worden van de buffercapaciteit van de bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol l^{-1} natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 120 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het supernantant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. De elementenconcentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Oppervlakte- en grondwater

De pH werd gemeten met een standaard Ag/AgCl2 elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (TIC: CO_2 en HCO_3) werd bepaald met behulp van infrarood gas analyse (ABB Advance Optima IRGA). De alkaliniteit werd bepaald door een deel van het monster te titreren met 0,01 mol l^{-1} zoutzuur tot pH 4,2. De toegevoegde hoeveelheid equivalenten zuur per liter is hierbij de alkaliniteit. De EGV werd bepaald met een HACH EGV-probe verbonden met een HQD-meter. De turbiditeit van de oppervlaktewatermonsters werd bepaald met een Dentan Turbidimeter (model FN-5). De extinctie (450 nm) van de oppervlaktewatermonsters werd bepaald met een Biotek plaatreader. De monsters voor de auto-analyzer werden bewaard bij een temperatuur van -20 °C tot aan de analyse. De monsters voor de ICP-OES werden aangezuurd voor analyse en bewaard bij 4 °C.

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) in bodemextracten werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP; ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO_3^-) en ammonium (NH_4^+) werden colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyzer III met behulp van respectievelijk salicylaatreagens en hydrazinesulfaat. Chloride (Cl^-) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Technicon auto-analyzer III systeem met behulp van resp. mercuritiocyanide, en ammoniummolybdaat en ascorbinezuur. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Technicon Flame Photometer IV Control.

60238 0027

3.3 Verschralingsduur

De verschralingsduur voor maaien en afvoeren is berekend op basis van het verschil tussen de actuele totaal-P concentratie en de totaal-P streefconcentratie, uitgaande van een P-afvoer van 10 kg hectare per jaar (Chardon, 2008). De streefconcentratie voor totaal-P is hierbij niet op een standaardwaarde vastgesteld, maar berekend aan de hand van de streefwaarde voor Olsen-P en de actuele beschikbare P-fractie (Olsen-P/totaal-P-ratio). Stel dat de actuele P-fractie 0,1 is (10% van het totaal-P is beschikbaar P), dan is bij een streefwaarde van 500 µmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ((0,5/10) x 100). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem de actuele P-fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ((0,5/5) x 100). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschralingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschralingsduur 10-20% lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschraling in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschralingsduur eerder hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschralingsduur. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 3 mmol/l door de hoge hoeveelheid ijzer in de bodem. Voor uitmijnen kan de verschralingsduur op dezelfde wijze berekend worden, maar dan wordt uitgegaan van een P-afvoer van 40 kg hectare per jaar. Deze afvoer kan gehaald worden met uitmijnen met grasklaver in combinatie met kalibemesting of een productieve graszode in combinatie met stikstof- en kalimesting, maar de daadwerkelijke onttrekking is afhankelijk van de omstandigheden (o.a. effectiviteit en hydrologie).

Uitmijnen (paragraaf 2.2) gaat vier keer zo snel als maaien en afvoeren. Het is echter wel een compleet andere vorm van verschralingsbeheer waarbij 4-5 sneden per jaar worden afgevoerd en de afvoer van fosfor wordt versneld en geoptimaliseerd door gericht kali en/of stikstof bij te mesten. Hiervoor is een productieve graszode of het inzaaien met een grasklaver-mengsel vereist (bij een grasklaver-mengsel is geen N-bemesting nodig omdat de klaver dit uit de lucht fixeert). Deze vorm van beheer laat in principe weinig ruimte voor andere soorten en het nemen van vernattingsmaatregelen is niet gewenst omdat van vroeg in het voorjaar tot laat in het najaar machines op het perceel moeten kunnen om te maaien. Voor een praktisch uitmijnadvies (bekalkings- en/of bemestingsadvies, zodebeoordeling en advies raskeuzes bij inzaaien) zijn aanvullende analyses nodig die meer 'landbouw-gericht' zijn. Onderzoekcentrum B-WARE kan in samenwerking met het Louis Bolk Instituut een dergelijk advies opstellen voor percelen die in aanmerking komen voor een uitmijnbeheer. Na het realiseren van de gewenste verschraling zijn vaak nog maatregelen nodig om de (relatief) soortenarme zode om te vormen tot voornamelijk de hoogwaardige natuurtypen. Op zeer voedselrijke percelen kan enkele jaren uitmijnen (3-5 jaar) bijdragen aan het verlagen van de concentraties snel beschikbare nutriënten waardoor de kansen voor de ontwikkeling van een kruidenrijker grasland kunnen toenemen.

60238 0027

60238 0027

4. ABIOTIEK BEOOGDE NATUURTYPEN

4.1 Algemene streefconcentraties

Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid voldoende laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P concentratie een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen worden de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (de totaal-P concentratie kan sterk variëren afhankelijk van de ijzer- en calciumconcentraties en/of de kleiigheid van de bodem):

- Nat schraalland: (<)300-500 µmol/l bodem;
- Vochtig hooiland: 300-800/900 µmol/l bodem;
- Glanshaverhooiland: 300-800/900 µmol/l bodem;
- Soortenrijk kruiden- en faunarijk grasland: 900-1200 µmol/l bodem;
- Kruiden- en faunarijk grasland: >1200 µmol/l bodem (mits P-z < 2 µmol/l en nitraat <100-200 µmol/l; hier komen we later op terug aangezien dit perspectief kan bieden in het onderzoekgebied).

Het bodemtype en de totale ijzer- en calciumconcentraties van de bodem zijn met name relevant met het oog op de potentiële natuurbeheer-/habitattypen. Natuurtypen zoals vochtig hooiland (zoals dotterbloemhooiland) of glanshaverhooiland onder droge omstandigheden komen voor op sterk gebufferde bodems (Ca-z: > 20.000-50.000 µmol/l) die veelal ook rijker zijn aan ijzer.

Vanwege het feit dat planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties (gehalten) in deze rapportage uitgedrukt per liter verse bodem.

4.2 Vochtig heischraalgrasland, blauwgrasland en vochtig hooiland

Het bodemtype en de totale ijzer- en calciumconcentraties van de bodem zijn vooral relevant met het oog op de potentiële natuurbeheer-/habitattypen. Op calciumarme bodems (tot-Ca <10 mmol/l) ligt de ontwikkeling van natte heide voor de hand. Om de ontwikkeling van nat schraalland (N10.01) en vochtig hooiland (N10.02) mogelijk te maken dient de bodem voldoende gebufferd te zijn. Soortenrijke vochtige heischrale graslanden (N10.01) komen over het algemeen voor bij Ca-z concentraties van 4.000-10.000 µmol/l en Olsen-P concentraties van 150-400 µmol/l. Onder zeer natte condities kan een kleine zeggenvegetatie tot ontwikkeling komen. Bij concentraties van circa 10.000-25.000 µmol/l (Ca-t veelal >20 mmol/l) en Olsen-P concentraties van 200-500 µmol/l kan een blauwgrasland worden ontwikkeld onder de juiste hydrologische omstandigheden (GRIP database B-WARE). Op gebufferde, ijzerrijke bodems kan onder vochtige tot natte omstandigheden een dotterbloemhooiland tot ontwikkeling komen (onder droge omstandigheden een glanshaverhooiland).

60238 0027

Figuur 8. Foto van een nat schraalland (links) en vochtig hooiland (foto's: 5.1.2e .

Voor vochtig heischraalgrasland en blauwgrasland wordt een Olsen-P streefconcentratie gehanteerd van (<)300-500 µmol/l. Vochtige hooilanden hebben meestal hogere fosfaatconcentraties, voor vochtig hooiland wordt een Olsen-P streefconcentratie gehanteerd van 300-800/900 µmol/l. Vooral onder extreem ijzerrijke omstandigheden wordt regelmatig Olsen-P concentraties tot 900 µmol/l (of hoger) aangetroffen in goede ontwikkelde vochtige hooilanden. De P-z concentratie is dan veelal (zeer) laag. De totaal-P concentratie kan sterk variëren afhankelijk van de ijzer- en calciumconcentraties en/of de kleiigheid van de bodem.

Vochtig heischraalgrasland, blauwgrasland en vochtig hooiland vallen onder de soortenrijke vochtige tot natte natuurtypen. Voor vochtig heischraal grasland kan aanrijking van de wortelzone met grondwater via capillaire opstijging ook al voldoende zijn. De ontwikkeling van blauwgrasland en vochtig hooiland is alleen mogelijk als er voldoende grondwaterinvloed in maaiveld is. De periode waarin grondwater in de wortelzone uittreedt bepaalt in combinatie met de mate van buffering met het grondwater en de zuurproductie als gevolg droogval van de toplaag in de zomerperiode en verzurende (stikstof)depositie of bodems voldoende gebufferd blijven of (langzaam) verzuren.

Verruiging onder natte condities

Onder licht/matig voedselrijke, vochtige tot natte omstandigheden kan verruiging met bijvoorbeeld pitrus optreden die een belemmering kan vormen voor de beoogde ontwikkeling (Figuur 9). Overigens is de pitrus op beperkt verrijkte bodems veelal ijler in vergelijking met voedselrijke bodems.

Figuur 9. Pitrusontwikkeling op percelen die na inrichting nog beperkt tot matig verruigd zijn met fosfaat. Aanvullend verschralingsbeheer biedt hier wel perspectief. Door voldoende P-gelimiteerde omstandigheden te creëren en maaisel uit een referentiegebied op te brengen kan dit worden voorkomen. Foto's: 5.1.2e en 5.1.2e

60238 0027

4.3 Glanshaverhooiland

Wanneer het te droog is voor de ontwikkeling van nat schraalland of vochtig hooiland behoort de ontwikkeling van glanshaverhooiland tot de mogelijkheden. Soortenrijke glanshaverhooilanden (N12.03) komen voor op tamelijk voedselarme tot matig voedselrijke, basische, goed ontwaterde bodems. Een glanshaverhooiland kan over het algemeen tot ontwikkeling komen bij Olsen-P concentraties <500 (optimaal) tot 800/900 µmol/l. De meest soortenrijke glanshaverhooilanden komen voor op zandige/zavelige locaties. Inundaties kunnen bijdragen aan de aanrijking met basen, echter langdurige inundaties (in het vegetatieseizoen) dienen te worden voorkomen. Veel kenmerkende soorten zijn namelijk gevoelig voor natte omstandigheden in het groeiseizoen, zowel overstroming als waterverzadiging in de bodem. De meest soortenrijke glanshaverhooilanden komen voor op zandige/zavelige locaties. Locaties met een vette kleibodem (tot-Al >1000 mmol/l) zijn veelal soortenarmer. Er zijn ook mooie glanshaverhooilanden waargenomen bij hogere totaal-Al concentraties, dit zijn waarschijnlijk locaties waar de afwatering goed is en (regen)water relatief kort op maaiveld blijft staan. Naarmate het kleigehalte van de bodem hoger wordt kan vocht in natte perioden minder snel wegzakken en wordt de bodem makkelijk zuurstofloos. Hetzelfde gebeurt als gronden lager in de uiterwaard liggen en dus langer overstromen of waar water minder goed kan worden afgevoerd. Soorten van glanshaverhooilanden worden dan vervangen door vochtminnende soorten als Grote vossenstaart, Rietzwenkgras, Pinksterbloem, Echte koekoeksbloem, Smeerwortel en Veldlathyrus. De rijkdom aan kenmerkende rivierbegeleiders is in deze Vossenstaartgraslanden doorgaans minder dan in Glanshaverhooilanden.

Figuur 10. Glanshaverhooiland in de Amerongse Bovenpolder. Foto: 5.1.2e

4.4 Bosontwikkeling (door 5.1.2e)

Ondanks dat er al enige tijd bomen worden geplant op voormalige landbouwgronden, is de interesse voor de ontwikkeling van een volledig bos-ecosysteem op deze gronden pas vrij recent gegroeid. Er is nog niet veel ervaring met bosontwikkeling op voormalige landbouwgronden, vooral omdat het een lange periode vergt voor een bos om zich te ontwikkelen. Net als in graslanden, is bij bosontwikkeling op landbouwgronden de kans groot dat zich alleen zeer voedselrijke bostypen

60238 0027

ontwikkelen. Dat is een minder groot probleem dan bij graslanden, omdat ook deze zeer voedselrijke bossen een aantal boskenmerken ontwikkelen. Zo kan er een gevarieerde structuur ontstaan, wordt er koolstof opgeslagen en zal de levensgemeenschap die zich thuis voelt in de boomlaag (vogels, zoogdieren, insecten, mossen, houtpaddenstoelen) zich kunnen ontwikkelen. Omdat de natuurwaarde van bos voor een belangrijk deel door de kroonlaag wordt bepaald, kan er ook bos met een vrij hoge natuurwaarde ontwikkeld worden in een voedselrijke situatie met een bouwvoor. De meeste boomsoorten groeien goed op een bouwvoor, dus een bos met variatie in boomsoorten, leeftijden, licht, microklimaat, houtstructuur e.d. kan zich vrij eenvoudig ontwikkelen. De ondergroei is echter ruig (bij veel licht) of ontbrekend (bij weinig licht). Het wordt ingewikkelder als het doel is om voedselarmere bostypen te ontwikkelen, met name vanwege de grote voorraad voedingsstoffen die nog aanwezig is.

Onderzoekcentrum B-WARE [5.1.2e] is betrokken bij een nog lopend OBN-onderzoek: 'Naar een strategie voor ontwikkeling van soortenrijke bossen op voormalige landbouwgronden'. Dit levert interessante inzichten op. Een tot dusver nauwelijks benutte kans is het ontwikkelen van bos na (gedeeltelijk) verwijderen van de bouwvoor. Onder onze landbouwgronden ligt een niet verzuurde, voedselarme bodem, een zeldzame combinatie. De bestaande bossen zijn ofwel voedselrijk (laag Nederland), ofwel sterk verzuurd (hoog Nederland). Het is vrijwel zeker dat aanplant van bos op de voedselarme, niet verzuurde grond onder de bouwvoor tot een explosie van biodiversiteit zal leiden; allereerst de paddenstoelen, varens en mossen, gevolgd door de hogere planten. Wel is de ervaring dat op dergelijke bodems alleen pionierbomen zich goed kunnen vestigen, zoals wilgen en berken. Pas als er zich een bosbodem begint te vormen, is de tijd rijp voor (aanplant van) soorten als linde, iep, es en eik. Het is belangrijk om voldoende microreliëf te creëren.

Ook voor bos lijkt de grote voorraad fosfaat die zich heeft opgehoopt het belangrijkste knelpunt te zijn. Er is veel stikstof aanwezig, maar dat is in een bosbodem ook al grotendeels het geval. Bij de huidige stikstofdepositie zijn onze bossen niet of nauwelijks meer door stikstof gelimiteerd, getuige o.a. de vrijwel overal aanwezige nitraatuitspoeling uit onze bossen op drogere gronden en het systematisch verdwijnen van stikstof gevoelige mycorrhiza paddenstoelen uit de bossen. De totale fosforvoorraad in de bodem is bij bosontwikkeling minder belangrijk dan in lage vegetaties. In bossen is van nature al een permanente bron van fosfaat voor, namelijk de strooiselaanvoer. Er is daardoor periodiek meer direct beschikbaar fosfaat. Ook hoopt zich een grotere voorraad op in de bodem en is de hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat hoger. Naast schaduw, zijn periodiek hoge en lage Olsen-P en P-zout concentraties waarschijnlijk vooral sturend voor een soortenrijkere ondergroei: bossen met een soortenrijke ondergroei komen voor op voedselarme tot matig voedselrijke bodems. De kans op verruiging neemt sterk toe wanneer er langdurig veel fosfaat beschikbaar is en voldoende licht aanwezig is. Soorten als grote brandnetel, bramen, duinriet, robertskruid, gewoon dikkopmos, hondsdraf, ruw beemdgras en gewone hennepnetel komen dan voor in de ondergroei.

Hoge ijzer- en/of calciumconcentraties in de bodem dragen bij aan een lage fosfaatbeschikbaarheid, maar ook de aanvoer van ijzer- en/of calciumrijk grondwater. In Tabel 2 worden een aantal relevante bodemchemische kenmerken van goed ontwikkelde bossen gegeven.

60238 0027

Tabel 2. Overzicht van een aantal belangrijke bodemchemische kenmerken van enkele rivier- en beekbegeleidende bostypen. Bron: referentiedatabase GRIP (Gemeten Referentiewaarden In Plantengemeenschappen) van Onderzoekcentrum B-WARE.

Bostype	Olsen-P (µmol/l)	P-z (µmol/l)	Totaal-P (mmol/l)	NH_4-z (µmol/l)	NO_3-z (µmol/l)	Totaal-Ca (mmol/l)	Ca-z (µmol/l)	Totaal-Fe (mmol/l)
Berkenbroekbos Carici curtae-Betuletum pubescentis	200-600 (n=7)	0,2-7,7 (n=6)	2-11 (n=9)	15-115 (n=6)	0,8-45 (n=6)	5-35 (n=9)	800-6.500 (n=6)	5-60 (n=9)
Elzenbroekbos Carici elongatae-Alnetum	100-800 (n=8)	0,3-2,1 (n=9)	4-22 (n=69)	140-800 (n=9)	1-70 (n=9)	30-100 (n=69)	3.000-17.000 (n=9)	40-385 (n=69)
Vogelkers-essen Pruno-Fraxinetum	400-1200 (n=12)	0,6-1,7 (n=13)	7-13 (n=12)	80-195 (n=13)	50-310 (n=13)	15-70 (n=12)	7.500-15.500 (n=13)	100-295 (n=12)
Kalkrijk eiken-haagbeukenbos Primulo elatioris-Carpinetum typicum	350-1000 (n=9)	1,0-5,1 (n=9)	9-18 (n=9)	85-165 (n=9)	11-460 (n=9)	30-300 (n=9)	8.000-25.000 (n=9)	300-475 (n=9)
Kalkarm eiken-haagbeukenbos Stellario-Carpinetum	900-1300 (n=7)	1,0-4,3 (n=8)	5-9 (n=7)	100-350 (n=8)	100-850 (n=8)	15-25 (n=7)	1.500-7.500 (n=8)	25-160 (n=7)

De aangeplante boomsoort is een belangrijke stuurknop in de lange termijn ontwikkeling van nieuwe bossen, waarbij vooral de schaduwwerking en de basenrijkdom van het strooisel van belang is. Met rijk strooisel soorten kan de goed gebufferde situatie uit het landbouwverleden in stand worden gehouden. Arm strooisel kennen dan weer meer mycorrhiza-paddenstoelen. Ook is het goed om rekening te houden met het te verwachten (zuid-Franse) klimaat op afzienbare termijn; daar horen wellicht ook andere boomsoorten bij die we nu nog als uitheems beschouwen.

4.5 Ontwikkeling kruiden- en faunarijk grasland

Uit onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (<900-1200 µmol/l; Figuur 14).

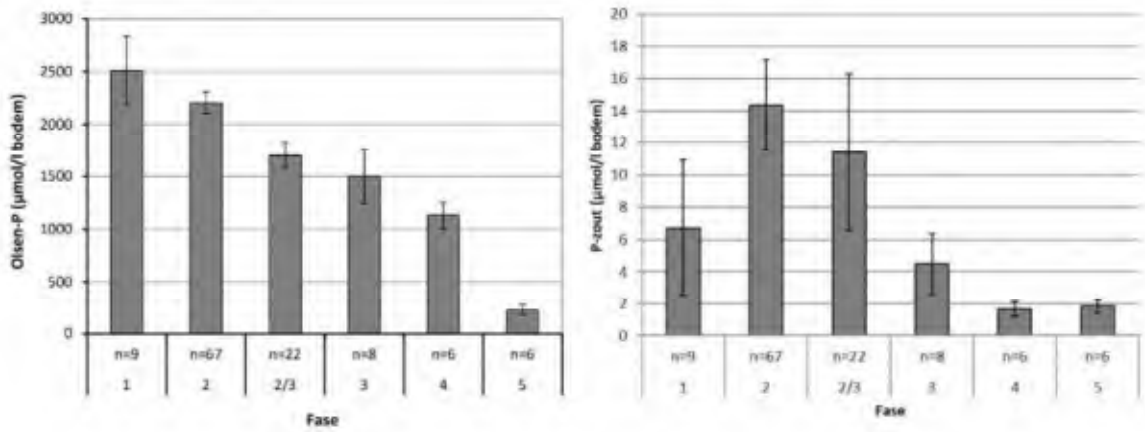
Figuur 11. Foto's van een goed ontwikkeld droog (links; Winterswijk) en vochtig (rechts; Doetinchem) kruiden- en faunarijk grasland. Foto's: 5.1.2e.

60238 0027

Dit is slechts een indicatieve streefwaarde: 'kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Op bijvoorbeeld droge, voedselrijkere zandgronden (zoals ook op de hoge, droge kop) kunnen ook kruidenrijkere graslanden tot ontwikkeling komen als gevolg van droogtestress en/of lage concentraties organische stof (eventueel in combinatie met tijdelijk akkerbeheer) (Dorland e.a., 2020; Eichhorn e.a., 2020).

Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. Met name onder droge en ijzer- en calciumrijke condities lijkt de ontwikkeling van een (wat) kruidenrijker grasland kansrijk. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de meest labiele P-fractie voldoende laag is (P-z < 1-2 µmol/l) en/of de nitraatconcentratie laag is (<100-200 µmol/l). Dit biedt perspectief bij hogere Olsen-P concentraties.

Bureau Natuurbalans (contactpersoon: 5.1.2e) heeft de laatste jaren goede resultaten ondervonden met de ontwikkeling van glanshaverhooiland en kruiden- en faunarijkgrasland door middel van chopperen en gericht inzaaien op P-rijkere gronden. Door te chopperen wordt de dichte, soortenarme graszode verwijdert en ruimte gecreëerd voor de kieming van de doelsoorten. Na het chopperen wordt gericht zaadmengsel (bestaande uit zowel inheemse grassen als kruiden van Biodivers) van glanshaverhooiland of kruiden- en faunarijkgrasland opgebracht. Deze methode bevindt zich echter nog wel in de experimentele fase, het is nog niet duidelijk of de ontwikkelde vegetaties zich op de lange termijn standhouden en waarom het op sommige gronden wel en niet werkt (mogelijk speelt stikstoflimitatie een rol).



Figuur 12. Olsen-P (links) en P-z (rechts) concentratie in µmol/l bodem van graslandpercelen in Overijssel ingedeeld per graslandfase naar Schippers e.a. (2012). Verklaring graslandfasen (van voedselrijk naar schraal): fase 1 = raaigraslanden, fase 2 = witbolgraslanden, fase 3 = gras-kruidenmix, fase 4 = kruidenrijk grasland en fase 5 = heischraal grasland. Bron: Scherpenisse e.a. (2017).

Om op voedselrijkere gronden de dominantie van witbol te doorbreken, wordt geadviseerd witbol vroeg af te maaien, bijvoorbeeld in mei tot de bedekking voldoende laag is (bijvoorbeeld <25%). Deze grassen bloeien namelijk voordat de zomerkruiden gaan bloeien. Op deze manier wordt gestreepte witbol actief teruggedrongen ten gunste van later bloeiende kruidachtigen. Goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden worden vaak laat in de zomer (augustus/september) gemaaid.

Wanneer sprake is van vochtige tot natte omstandigheden (wellicht het geval in het onderzoeksgebied) zijn voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijke graslanden voedselarmere condities gewenst (circa 1200 µmol/l) waarbij droogval van de toplaag in de zomerperiode belangrijk is voor de fosfaatbinding.

60238 0027

4.6 Grondwaterstanden

Voor de ontwikkeling van vochtige natuurtypen, zoals nat schraalland of vochtig hooiland, is niet alleen de buffering van belang maar ook de grondwaterstanden. Alleen als er voldoende grondwaterinvloed is zijn deze vegetaties mogelijk. In Tabel 4 wordt een overzicht gegeven van de grondwaterstanden (GLG en GHG) die passen bij verschillende vochtige tot natte, relatief voedselarme natuurtypen. Voor de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuurtypen is grondwaterinvloed in het maaiveld vereist van circa oktober tot en met maart. Voldoende doorstroming van uittredend grondwater en afvoer van regenwater is essentieel. In de zomerperiode dient de bodem beperkt droog te vallen.

Tabel 3. Gemiddelde hoogste (GHG) en laagste (GLG) grondwaterstand, pH-H_2O en fosfaatconcentraties in de bodem van enkele natte (grondwaterafhankelijke) natuurbeheertypen (optimumranges). Droge natuurbeheertypen, zoals droge heide en droog heischraal grasland, zijn niet afhankelijk van grondwaterinvloed. Bronnen: Ertsen e.a. (2005); Onderzoekcentrum B-WARE, niet gepubliceerde data; De Becker (2004). Onder zeer ijzerrijke omstandigheden kunnen bij een optimale ontwikkeling ook hogere fosforconcentraties voorkomen (aangegeven tussen haakjes).

Natuurbeheertype	Specificatie	GHG (cm)	GLG (cm)	pH-H2O	Olsen-P (umol/l FW)	totaal-P (mmol/l FW)
Hoogveen		10 + mv	5 -mv	3.5-5	100-300	0.5-2.5
Vochtige heide		10+ tot 20- mv	20- tot 50- mv	3.5-5	100-500	0.5-2.5
Schraalgrasland	Nat heischraal grasland	0 tot 40- mv	40- tot 120 - mv	4.5-6	150-400	1-3
	Kleine zeggenmoeras (Verbond van Zwarte zegge)	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	4.5-6.5	100-500	1-6
	Blauwgrasland	0 tot 25- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	200-500	2-10 (tot 20)
Vochtig hooiland	Dotterbloemhooiland / Veldrusschraalland	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
Moeras	Grote zeggenmoeras	20+ tot 0 mv	10+ tot 50- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
	Rietmoeras	20+ tot 0 mv	10+ tot 40- mv	>5	-	-
Hoog- en laagveenbos	Berkenbroekbos	10+ tot 0 mv	40- tot 80- mv	<5	200-600	1-5
	Elzenbroekbos	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	300-800 (tot 1200)	5-20 (tot 50)

60238 0027

60238 0027

5. RESULTATEN BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodem- en hydrochemisch onderzoek beschreven. In paragraaf 5.2 wordt het bodemtype besproken. In paragraaf 5.3 wordt de algemene bodemchemie en in paragraaf 5.4 de hydrochemie toegelicht. In paragraaf 5.5 worden de kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur besproken en welke maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.

5.2 Bodemtype

In het onderzoeksgebied kunnen de locaties in twee typen worden ingedeeld. Op locatie 2 tot en met 9 is een zandbodem afgedekt met een kleibodem aangetroffen. Het kleipakket is 30 tot 55 cm dik. De A-horizont is 30 tot 50 cm dik.

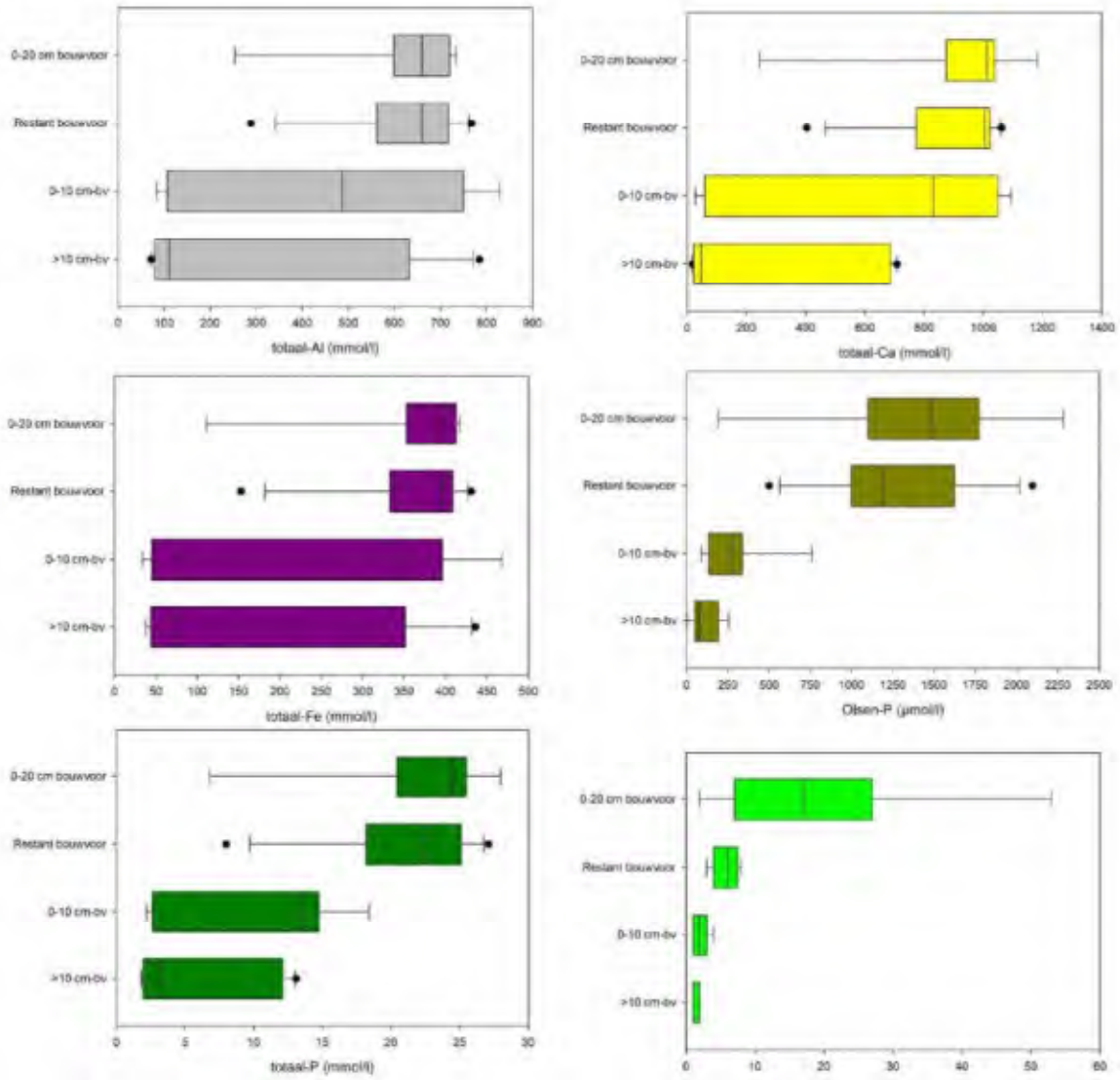
Locatie 1 wijkt af van de andere locaties. Op deze locatie is geen kleibodem maar wel een veen-/venige bodem (45-60 cm-mv) aangetroffen. Daarnaast betreft de toplaag op deze plek een opgebrachte zandbodem (45 cm).

Als alleen gekeken wordt naar de dikte van de bouwvoor of opgebrachte grond dan wordt duidelijk dat in noordelijke perceel de toplaag 45-50 cm dik is en in het centrale deel 30-35 cm dik. In Figuur 13 wordt de dikte van het kleipakket (zwart) en de dikte van de bouwvoor (rood) per locatie weergegeven. Zie Bijlage 1 voor de gedetailleerde profielbeschrijvingen per locatie.

Figuur 13. Overzicht van de dikte van het kleipakket (zwart) en de dikte van de bouwvoor (rood) op een topografische kaart.

5.3 Algemene bodemchemie

Vanwege het feit dat planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties (gehalten) in deze rapportage uitgedrukt per liter verse bodem.



Figuur 14. Boxplots van de Olsen-P, totaal-P, -Fe, -Ca, -Al en P-z voor de locaties in het onderzoeksgebied. In de boxplots is onderscheid gemaakt tussen 0-20 cm bouwvoor (Olsen-P en totaal-concentraties: n=9; P-z: n=9), restant bouwvoor (n= Olsen-P en totaal-concentraties: n=11; P-z: n=5), 0-10 cm-bv (n= Olsen-P en totaal-concentraties: n=9; P-z: n=7) en >10 cm-bv (Olsen-P en totaal-concentraties: n=10; P-z: n=3). De Whiskers (horizontale lijnen met verticaal einde) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De stippen geven de uitschieters weer.

In Figuur 14 wordt, door middel van boxplots, weergegeven hoe de concentraties van Olsen-P, totaal-P, -Ca, -Al, -Fe en stikstof (NO_3^-+NH_4^+) concentratie veranderen in de diepte. In de boxplot met het de totaal-Al concentratie is een duidelijk verschil tussen de bouwvoor en de onderliggende bodemlagen te zien. Onder de bouwvoor is de spreiding veel groter (bouwvoor: 254-768 mmol/l; onder de bouwvoor: 72-829 mmol/l). Aluminium-totaal is een indicatie van de kleiigheid van de bodem. In de bouwvoor worden hogere concentraties aluminium-totaal aangetroffen vanwege de (zandige) kleibodem. Onder de kleibodem wordt in het gebied een zandbodem aangetroffen. De dikte van het kleipakket is vaak niet gelijk aan de dikte van de bouwvoor. Hierdoor is de spreiding

van de totaal-aluminiumconcentratie onder de bouwvoor veel groter, hoge concentraties worden aangetroffen in de kleiige bodems en de lage concentraties in de zandbodem.

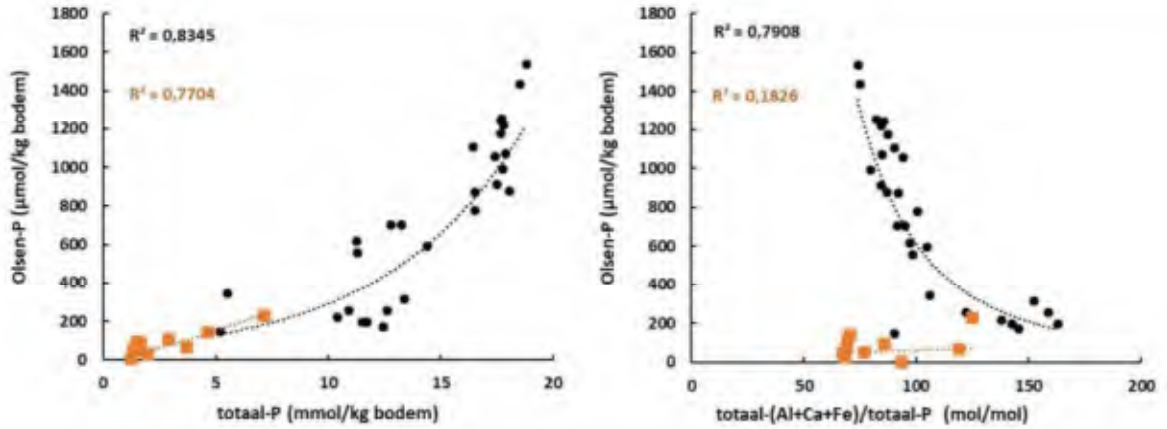
Dit verschil in kleiigheid van de bodems is ook zichtbaar in de totaal-Ca en totaal-Fe concentraties (zie Figuur 14). Kleibodems zijn over het algemeen rijker aan calcium en ijzer ten opzichte van zandbodems. Ook in dit gebied zijn de kleibodems rijker aan calcium en ijzer (246-1182 mmol/l Ca-t en 111-468 mmol/l Fe-t) waardoor deze concentraties afnemen zodra een zandbodem (18-88 mmol/l Ca-t en 34-113 mmol/l Fe-t) wordt aangetroffen.

De goed gebufferde bodems passen bij de ontwikkeling van een vochtig hooiland. De minder gebufferde locaties passen eerder bij een nat schraalland. De ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuurtypen is alleen mogelijk onder de juiste hydrologische en voldoende voedselarme omstandigheden. Zie hoofdstuk 4 voor meer informatie over de relatie tussen de bodemchemie en de natuurpotenties. Wanneer het te droog is ligt de ontwikkeling van glanshaverhooiland voor de hand. Op sterk kleiige bodems (>1000 mmol/l tot-Al) zijn de glanshaverhooilanden veelal minder soortenrijk. De meest soortenrijke glanshaverhooilanden komen voor op zandige/zavelige locaties. Deze zijn veelal het meest soortenrijk op zandige kleibodems (zoals aanwezig in het gebied) of zandbodems.

De fosfaatconcentraties in de bouwvoor zijn matig tot sterk verhoogd (mediaan: 1345 µmol/l Olsen-P en 24,2 mmol/l totaal-P). Onder de bouwvoor is een flinke daling in de fosfaatconcentraties te zien (mediaan: 164 µmol/l Olsen-P en 3,4 mmol/l totaal-P). Op alle locaties is onder de bouwvoor een voldoende fosfaatarme bodem aangetroffen voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland (streefconcentratie: <800/900 µmol/l). Op 8 van de 9 locaties ligt de Olsen-P concentratie ook onder de streefconcentratie van schralere vegetatietypen zoals blauwgrasland (<500 µmol/l). De labiel-P concentratie (P-z) neemt ook al onder in de bouwvoor (>20 cm bouwvoor) sterk af, dit is gunstig voor de soortenrijkdom van de vegetatie.

Een lage fosfaatbeschikbaarheid biedt, zoals beschreven in hoofdstuk 2, goede kansen voor de ontwikkeling van voedselarme natuur. In Figuur 15 worden correlaties tussen een aantal relevante bodemchemische variabelen weergegeven, voor de correlaties is onderscheid gemaakt tussen bodems met een aluminium-totaal concentratie van >250 mmol/l (kleiige bodems) en bodems met een aluminium-totaal concentratie van <250 mmol/l (zand- en veenbodems). De concentratie Olsen-P (plantbeschikbaar fosfaat) neemt toe bij een toename van de totale P-voorraad in de bodem. Deze correlatie is goed in dit gebied voor zowel de zand-, veen- als kleibodems (Figuur 15, linksboven). De overige variatie duidt op variatie in grondgebruik (bemestingsgeschiedenis) en/of bodemchemie (aanwezigheid van P-bindende stoffen).

De concentratie Olsen-P is niet alleen afhankelijk van de totaal-P concentratie. Fosfor kan namelijk zeer effectief worden geïmmobiliseerd door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $Fe_3(PO_4)_2$ (onder anaerobe condities) en $FePO_4$ onder aerobe condities. Ook calcium kan P-immobiliserend werken waarbij de vorming van relatief slecht oplosbare calciumfosfaat complexen belangrijk zijn. Dit calcium gebonden-P komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook klei-/leemdeeltjes (de totaal-aluminium concentratie is indicatief voor het lutumpercentage) zijn een sterke P-binder. De calcium-, ijzer- en aluminiumconcentraties beïnvloeden de beschikbaarheid van fosfaat dus sterk. Op plaatsen waar de bodem rijk is aan ijzer, calcium en/of aluminium (Figuur 15, rechtsboven) ten opzichte van totaal-P, is de P-beschikbaarheid voor planten lager. De totaal-P concentraties kunnen dan ook relatief hoog zijn op ijzer- en calciumrijke (klei)bodems, terwijl de beschikbaarheid van fosfaat (relatief) beperkt blijft. Daarentegen is deze correlatie minder goed zichtbaar bij de zandbodems, hier blijft de Olsen-P concentratie altijd laag. Dit zal grotendeels komen doordat de zandbodems alleen zijn aangetroffen onder de met fosfaat verrijkte bouwvoor en altijd arm zijn aan fosfaat.



Figuur 15. Correlaties tussen enkele bodemchemische variabelen in het onderzoeksgebied (oranje: zand- en veenbodems (Al-t<250 mmol/); zwart: kleibodems (Al-t>250 mmol/l)).

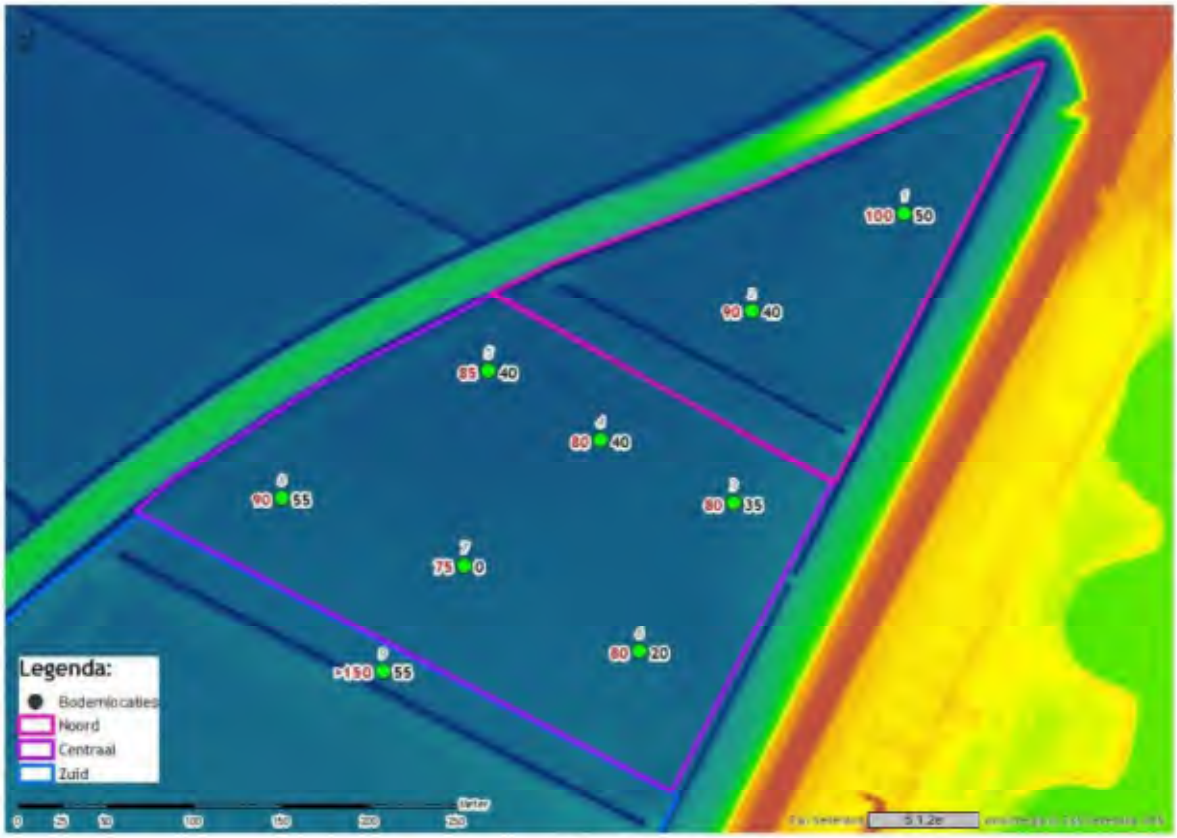
5.4 Hydrochemie

In deze paragraaf worden de grondwaterstanden en de waterkwaliteit besproken op basis van het hydrochemisch onderzoek en de afgelezen grondwaterstanden uit het boorprofiel.

Welke natte natuurbeheertypen zich daadwerkelijk in het gebied kunnen ontwikkelen is naast de voedselrijkdom van de bodem, de mate van buffering van de bodem en het bodemtype ook afhankelijk van de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater. In Tabel 4 wordt een overzicht gegeven van de grondwaterstanden (GLG en GHG) die passen bij verschillende vochtige tot natte, relatief voedselarme natuurtypen.
De gemiddeld laagste (GLG) en gemiddeld hoogste (GHG) grondwaterstand werd afgeleid uit het bodemprofiel. Dit geeft een globale indicatie van de fluctuatie van de grondwaterstand. Zie Tabel 1 voor een overzicht per locatie. De afgeleide GLG varieert van 80 tot >150 cm-mv en de GHG van 0 tot 55 cm-mv. Hiermee lijkt het gebied voornamelijk droog tot vochtig te zijn, echter door de kleibodem in de toplaag kan het voorkomen dat regenwater regelmatig op maaiveld blijft staan. In Figuur 16 worden afgeleide grondwaterstanden weergeven op een hoogtekaart. Door middel van een ontgronding (mits passend in het ecohydrologische systeem) of het nemen van hydrologische maatregelen kunnen de grondwaterstanden dichter bij het maaiveld komen. Dit hydrologische aspect maakt geen onderdeel uit van het onderzoek.

De grondwaterkwaliteit is van invloed op de vegetatieontwikkeling in een gebied. Voor de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke (zwak)gebufferde natuurtypen is vooral de mate van buffering van het grondwater relevant. Voor de ontwikkeling van blauwgraslanden en dotterbloemhooilanden is vereist dat grondwater gedurende een langere periode (circa oktober t/m april) in het maaiveld uittreedt. Door de aanrijking met basen wordt (verdere) verzuring van de toplaag tegengegaan. Wanneer ook ijzer wordt aangevoerd kan dit leiden tot fosfaatimmobilisatie. Door te zorgen voor voldoende afvoer van regenwater middels ondiepe (10-20 cm), reguleerbare greppeltjes of via laagtes in het landschap (mits deze laagte hydrologisch optimaal functioneert) wordt voorkomen dat het grondwater lokaal wordt verdund of 'weggedrukt' door regenwater. Het is zaak voldoende doorstroming te creëren met beperkte droogval van de toplaag in de zomerperiode.

60238 0027



Figuur 16. Overzicht van de afgeleide GLG (rood) en GHG (zwart) per locatie op een hoogtekaart.

Voor het hydrochemisch onderzoek zijn 2 grond- en 2 oppervlaktewatermonsters verzameld en geanalyseerd (zie Figuur 6 en Figuur 7). De resultaten worden weergegeven in Tabel 4. Het betreft slechts een eenmalige meting om een indicatie te krijgen van de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit. Een uitgebreide (eco)hydrologische analyse maakt geen onderdeel uit van het onderzoek.

Tabel 4. Kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater in het onderzoeksgebied. De concentraties zijn weergegeven in µmol/l. EGV = Elektrisch Geleidingsvermogen in µS/cm. Turb = turbiditeit in Nephelometric Turbidity Unit (NTU).

Code	Type	pH	Alk	EGV	Turb.	CO_2	HCO_3^-	Al	Ca	Fe	Mg	P	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{3-}	Na^+	K^+	Cl^-
OW 1	OW	7,6	5,4	831	12	406	6333	1	1997	17	610	27,4	48	1,1	349,6	15,3	2658	183	3034
OW 2	OW	7,6	4,9	765	7	348	5676	1	1979	13	631	21,7	275	8,2	229,1	13,2	2246	191	2509
GW 2	GW	7,2	11,6	1141	-	2000	13521	3	4009	186	1046	37,3	600	0,4	344,4	-	1894	179	908
GW 6	GW	7,5	5,5	832	-	585	7520	4	1862	28	604	31,4	17	0,6	539,7	-	2731	227	3103

Het freatisch grondwater is bemonsterd op de boorlocaties 2 en 6. Het bemonsterde grondwater is zeer goed gebufferd (7220-13521 µmol HCO_3/l, Tabel 4). Op locatie 4 is het grondwater sterk ijzerhoudend (186 µmol/l) en op locatie 6 zwak-matig ijzerhoudend (28 mmol/l). De fosforconcentraties in het grondwater zijn verhoogd (31,4-37,3 µmol/l P). De nitraatconcentratie in het grondwater is laag (0,4-0,6 µmol/l NO_3^-), daarentegen is het grondwater wel rijk aan ammonium (344,4-539,7 µmol/l NH_4^+). Het grondwater is op locatie 2 verrijkt met sulfaat (600 µmol/l). Het betreft slechts een eenmalige, indicatieve meting.

Het oppervlaktewater is goed gebufferd (5676-6333 µmol HCO_3/l, Tabel 4). De (ortho-)fosfaatconcentratie in het water is relatief hoog (21,7-27,4 µmol/l PO_4^{3-}). Ook in het oppervlaktewater zijn de nitraatconcentraties laag en de ammoniumconcentraties hoog (1,1-8,2 NO_3^- µmol/l en 229,1-349,6 NH_4^+ µmol/l). De sulfaatconcentratie is relatief laag.

De mate van buffering van het grondwater past bij de ontwikkeling van vochtig hooiland of nat schraalland. De bodemchemische condities zullen bepalen welk natuurbeheertype het meest reëel is. Zowel het grondwater als het oppervlaktewater is verrijkt met fosfaat, dit kan een knelpunt zijn voor de waterkwaliteit van de poel.

5.5 Kansen voor natuurontwikkeling

5.5.1. Inleiding

In de komende subparagrafen worden op basis van bodemtype, bodemchemie en grondwaterstanden de kansen voor natuurontwikkeling voor schrale natuurtypen besproken. Wanneer de ontwikkeling van hoogwaardige natuurtypen niet reëel is kan ervoor worden gekozen om een kruiden- en faunarijk grasland te ontwikkelen op de toplaag door middel van het stoppen met bemesten en het voeren van een beheer van maaien en afvoeren. Zie paragraaf 4.3 voor meer informatie.

In Tabel 5 wordt de berekende verschralingsduur via maaien en afvoeren tot een Olsen-P concentratie van 500 en 800 µmol/l (P-gelimiteerde natuur) voor iedere locatie en diepte gegeven. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 20-25 cm bij elkaar worden opgeteld.

60238 0027

Tabel 5. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties. GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand, GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand, OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l). M5/M8 = berekende verschralingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 500/800 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<150	<20	<4000	<20				voldoende P-arm
6-10	151-250	21-50	4001-10000	21-50	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	51-100	10001-20000	51-100	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	101-150	20001-35000	101-150	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	150-250	35001-50000	151-300	31-50	401-800	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		>250	>50000	>300	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Nr	GLG	GHG	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M5	M8
1	100	50	0-15	zand, sterk kleïig, opgebr.	A	3	18	1,3	194	6,8	254	246	111	20	86	19	10	22013	348	1281	7,5	100	3	81	7		
			15-30	zand, sterk kleïig, opgebr.	A	2	16	1,5	812	16,5	551	775	296	61	261	15										30	1
			30-45	zand, sterk kleïig, opgebr.	A	2	16	1,4	501	8,0	289	404	153	30	118	24	3	21475	1336	1879	7,6	99	5	242	510		
			45-60	bosveen, sterk veraard	O	27	51	0,6	90	2,9	92	81	34	5	17	26	16	29791	729	2925	7,4	99	3		678		
			60-70	zand	BC	3	26	1,2	126	3,4	126	62	46	7	25	31										
2	90	40	0-20	klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	3	17	1,5	923	16,8	565	743	324	61	271	12	8	36983	222	2110	7,4	100	2	160	3	48	14
			20-35	klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	19	1,4	999	18,2	623	713	333	73	270	11										43	17
			35-50	klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	3	18	1,5	1040	19,6	680	816	367	80	307	13	19	30814	1151	2438	7,5	100	3	234	52	48	21
			50-60	zand	C	1	17	1,5	147	2,2	121	36	34	6	24	3											
3	80	35	0-20	klei, matig siltig en humeus, bv	AP	4	21	1,4	1757	25,7	734	1017	417	88	353	12	12	43330	1101	2734	7,4	100	27	184	8		
			20-35	klei, matig siltig en humeus, bv	AP	5	20	1,4	1710	24,3	718	963	396	89	339	12											
			35-50	zand	BC	1	20	1,4	125	2,4	84	28	56	5	21	8	14	6360	438	506	7,8	99	4		115		
			50-60	zand	C	0	17	1,5	76	2,0	98	18	38	6	20	18											
4	80	40	0-20	klei, matig siltig en humeus, bv	AP	4	19	1,4	1481	24,4	706	1182	411	87	347	13	17	39635	1853	2635	7,5	100	17	298	2		
			20-35	klei, matig siltig en humeus, bv	AP	4	21	1,4	1413	25,4	562	1062	402	64	339	13	14	42367	1082	2979	7,6	100	8		142	77	52
			35-45	klei	BC	4	26	1,2	321	13,6	487	833	339	50	273	10	13	32569	435	2088	7,6	100	2	56	90		
			45-55	zand	C	1	18	1,3	38	2,7	81	33	69	5	19	8	12	8745	237	399	7,9	100	1		46		
5	85	40	0-20	klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	18	1,4	1443	24,1	639	1007	402	75	337	13	10	40073	934	2707	7,6	100	11	205	2		
			20-30	klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	21	1,4	1219	25,1	712	1042	431	85	358	13										46	27
			30-45	klei	BC	4	25	1,3	762	18,4	571	991	370	64	321	12	16	37179	796	2491	7,7	100	3	175	75	30	
			45-55	zand	C	1	17	1,4	4	1,8	72	22	71	4	15	2											
6	80	20	0-20	klei, matig siltig en humeus, bv	AP	4	19	1,4	1642	24,7	734	1012	414	89	351	12	14	40396	694	2647	7,7	100	13	294	23		
			20-30	klei, matig siltig en humeus, bv	AP	4	20	1,5	1622	24,2	768	1004	409	96	354	12	7	39275	1612	2882	7,6	100	7	359	286	52	38
			30-45	zand, sterk kleïig, ger.	BC	4	25	1,2	275	8,5	439	411	218	51	174	16											
			45-55	zand	C	0	16	1,5	73	2,2	91	21	38	5	19	13	4	5772	534	518	8,0	98	1		228		
7	75	0	0-20	klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	22	1,4	1791	25,3	632	1053	394	77	336	13	4	40660	1437	2720	7,7	100	27	189	16		
			20-30	klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	21	1,4	1188	22,5	659	1019	395	80	333	12	2	39289	813	2619	7,7	100	6	196	8	41	23
			30-40	klei	BC	4	29	1,2	230	13,5	735	1094	372	92	309	12	2	36051	423	2312	7,7	100	1	67	14		
			40-50	klei	BC	3	30	1,2	255	12,1	628	709	337	71	284	10											
8	90	55	0-20	klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	20	1,4	1276	24,5	686	1008	381	87	344	12	18	37109	1147	2492	7,8	100	21		28		
			20-30	klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	21	1,3	1016	21,6	735	1023	411	95	342	11										34	14
			30-45	klei	BC	4	28	1,1	288	14,2	766	1067	420	95	328	11	3	33978	549	2242	7,8	100	2	282	2		
			45-55	klei	BC	5	32	1,1	181	13,1	785	683	436	85	325	15											
			55-65	zand	C	1	17	1,5	<1	1,8	77	22	68	4	16	1											
9	>150	55	0-20	klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	20	1,5	2284	28,0	660	1023	388	90	342	12	1	35170	3806	2610	7,8	100	53	235	15		
			20-35	klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	20	1,5	2096	27,1	628	1020	384	84	336	12											
			35-45	klei	BC	4	28	1,1	358	15,3	829	1031	468	110	352	12	5	36780	2089	2744	7,8	100	2		71		
			45-55	klei	BC	6	33	1,0	206	12,2	647	699	394	79	286	16											
			55-65	zand	C	8	36	0,9	60	3,4	202	88	113	20	58	10	1	22960	753	1788	7,8	100	1		35		

5.5.2 Deelgebied noord

Figuur 17. Impressie van deelgebied noord op de locaties 1 (links) en 2 (rechts). Foto's: 5.1.2e .

In deelgebied noord wil men een poel voor amfibieën en lage vegetatie ontwikkelen. Het huidige kunstwerk blijft behouden. Voor de ontwikkelingsmogelijkheden voor de poel zie paragraaf 5.5.4.

De bodem op locatie 1 en 2 is tot op 45 (locatie 1) of 55 cm-mv (locatie 2) rijk aan calcium en ijzer (246-816 mmol/l Ca-t, ±22.000-36.100 µmol/l Ca-z en 111-367 mmol/l Fe-t). De toplaag is niet tot licht verrijkt met fosfaat (194-923 µmol/l Olsen-P en 6,8-16,8 mmol/l totaal-P), hierdoor is de ontwikkeling van een sterk gebufferde vegetatie zoals vochtig hooiland onder vochtige-natte omstandigheden of een glanshaverhooiland onder drogere omstandigheden op de toplaag mogelijk. De huidige grondwaterstanden (GLG 90-100 cm-mv en GHG 40-50 cm-mv) zijn aan de droge kant voor een vochtig hooiland waardoor de ontwikkeling van een glanshaverhooiland waarschijnlijker is. De ontwikkeling kan worden gestimuleerd door te chopperen of plaggen en maaisel uit een referentieterrein in te brengen.

5.5.3 Deelgebied centraal

Figuur 18. Impressie van deelgebied centraal op de locaties 4 (links) en 8 (rechts). Foto's: 5.1.2e .

In deelgebied centraal (locaties 4-9) wordt ontwikkeling van een kruiden- en faunarijkgrasland of vochtig hooiland nagestreefd. De maximale ontgrondingsdiepte is 40 cm. Ter hoogte van locatie 9 wordt, volgens de huidige plannen, een glooiende natuurvriendelijke oever aangelegd.

De toplaag in deelgebied centraal is verrijkt met fosfaat (1443-2284 µmol/l Olsen-P en 24,1-28,0 mmol/l totaal-P). Op 30/35 cm-mv wordt een voldoende fosfaatarme bodem (125-762 µmol/l Olsen-P en 2,4-18,4 mmol/l totaal-P) aangetroffen waarop de ontwikkeling van fosfaatgelimiteerde vegetatietypen mogelijk is. Na afgraving van de met fosfaat verrijkte bodemlagen komt op de meeste locaties (4-9) een fosfaatarme zandige kleibodem aan het oppervlak. Op locatie 3 wordt op deze diepte de zandbodem al aangetroffen. Op de andere locaties blijft een kleiige laag van 10 tot 25 cm dik over. De dikte van de overblijvende kleiige laag neemt toe richting het zuiden. Op locatie 3-6 blijft 10 tot 15 cm over en op locatie 7, 8 en 9 20 tot 25 cm.

60238 0027

De dikte van de kleiige laag heeft naast eventuele watervasthoudende eigenschappen ook invloed op de te ontwikkelen vegetatie. De kleibodem is sterk gebufferd waartegen de zandbodem juist zwak-matig gebufferd is. Dit betekent dat op de zandbodem (locatie 3) de ontwikkeling van een heischraalgrasland/ blauwgrasland voor de hand ligt. Op de locaties met een nog relatief dikke kleiige bodem (>15 cm; locatie 5-9) zal eerder een vochtig hooiland (/nat schraalland) tot ontwikkeling komen. Op locatie 4 met maar een overblijvende kleilaag van 10 cm zal waarschijnlijk een vochtig hooiland met karakteristieken van een blauwgrasland tot ontwikkeling komen.

Ter hoogte van locatie 9 wordt een natuurvriendelijke oever aangelegd. De bodem is tot op circa 35 cm-mv verrijkt met fosfaat. Om relatief voedselarme oevers te creëren wordt geadviseerd om de zone waar minder dan 35 cm wordt afgegraven zo smal mogelijk te houden. Op deze manier kan ook op het grootste deel van de oever een soortenrijke vegetatietype tot ontwikkeling komen en wordt verruiging zo veel mogelijk voorkomen. Indien het gehele perceel wordt afgegraven tot op 30/35 cm-mv dan is de fosfaatarme bodem al bereikt en hoeft er op basis van bodemchemische condities geen extra maatregelen genomen te worden.

5.5.4 Ontwikkelingsmogelijkheden poel

In deelgebied noord wil men onder andere een poel voor amfibieën ontwikkelen. De poel wordt circa 71 meter breed en de drassige zone/ natuurvriendelijke oever 13 tot 20 meter breed. De poel komt ter hoogte van locatie 2 en de huidige sloot tussen het noordelijke en centrale perceel.

Op locatie 2 is een kleibodem tot op 50 cm-mv aangetroffen. Hieronder is tot op minimaal 200 cm-mv een zandbodem aanwezig. De toplaag is licht verrijkt met fosfaat (923 µmol/l Olsen-P en 16,8 mmol/l totaal-P). Het is mogelijk om op de toplaag een vochtig hooiland (nat) of glanshaverhooiland (droog; eventueel chopperen en herintroduceren) te ontwikkelen na circa 15-20 jaar verschalen. De P-concentraties nemen niet af in de kleiige bodem (50 cm dik). De bodem onder de kleibodem is zeer arm aan fosfaat (147 µmol/l Olsen-P en 2,2 mmol/l totaal-P). Als op deze locatie een poel wordt gegraven met een diepte van meer dan 50 cm zal de nieuwe waterbodem voedselarm zijn waardoor het risico op P-nalevering laag is.

In het gehele gebied zijn de fosfaatconcentraties onder de kleibodem laag. Dit betekent dat op basis van de bodemchemie geen gerichte locatie voor de poel wordt aangewezen. Daarentegen willen we wel aanwijzen dat er in deelgebied noord (locatie 1 en 2) kansen zijn voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland/glanshaverhooiland op de toplaag door middel van verschralen. Deze kansen zijn niet aanwezig in deelgebied centraal, voor een dergelijke ontwikkeling wordt een ontgronding geadviseerd. Hierdoor is het mogelijk om te overwegen de poel meer richting locatie 3, 4 en 5 te verplaatsen en op locatie 2 de toplaag te ontwikkelen. Op deze locaties wordt een voedselarme zandbodem aangetroffen (4-321 µmol/l Olsen-P en 1,8-2,7 mmol/l totaal-P) op 35/45 cm-mv. Hiermee wordt er voorkomen dat er in deelgebied noord ontgrondingswerkzaamheden hoeven plaats te vinden en worden de graafwerkzaamheden vooral in deelgebied centraal uitgevoerd.

Daarnaast wordt geadviseerd om relatief voedselarme oevers te creëren door over een breed traject de oevers van de poel circa 20 cm langzaam te laten op lopen tot de minimale afgravingsdiepte (circa 50 cm-mv (locatie 2) of 45 cm-mv (locatie 3-5)). Op deze manier kan ook op de flanken soortenrijke vegetatietypen tot ontwikkeling komen (in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer) en wordt forse verruiging over een brede zone voorkomen, evenals P-uit-/afspoeling. Met name onder permanent natte condities kan fosfor gemobiliseerd worden. Dit is met name relevant wanneer de poel in het centrale deel (locatie 3-5) wordt aangelegd. In het noordelijke deelgebied is de toplaag slechts beperkt verrijkt met fosfaat.

60238 0027

5.5.5 Samenvattende figuur

In Figuur 19 wordt per locatie de geadviseerde ontgrondingsdiepte weergegeven om de ontwikkeling van een fosfaatgelimiteerde vegetatie mogelijk te maken. De plusjes (+) duiden op de noodzaak voor verschralingsbeheer.

Figuur 19. Overzicht van de geadviseerde ontgrondingsdiepte om de ontwikkeling van fosfaatgelimiteerde vegetatie mogelijk te maken en de grondsoort van de nieuwe toplaag per locatie in het onderzoeksgebied op een topografische kaart. Indien verschralingsbeheer wordt geadviseerd voor glanshaverhooiland wordt dit weergegeven middels: +.

5.6 Aanvullende maatregelen

De eerste jaren na de het afgraven van de voedselrijke toplaag (ten behoeve van de ontwikkeling van soortenrijke graslanden of hooilanden) dient maaibeheer plaats te vinden om de ontwikkeling en uitbreiding van algemene/ruigte soorten te beperken. Doordat vaak vele zaden aanwezig zijn kunnen deze algemene soorten, ook onder P-arme condities, tot ontwikkeling komen. Door middel van een maaibeheer en het aanbrengen van maaisel of plagsel kan de groei van ongewenste algemene soorten worden onderdrukt. Opgemerkt dient te worden dat de lokale ontwikkeling van ruigtes op zichzelf niet nadelig is en zelfs kan bijdragen aan de diversiteit van een gebied. Vlinders, sprinkhanen, vogels en kleine zoogdieren kunnen hiervan profiteren.

Op de afgegraven locaties waar de ontwikkeling van soortenrijke graslanden of hooilanden wordt beoogd wordt geadviseerd om kort na afgraven (<1 jaar) maaisel/plagsel op te brengen uit goed ontwikkelde referentielocaties om kolonisatie door doelsoorten te stimuleren (eventueel één of twee opeenvolgende jaren herhalen zolang de zode nog niet gesloten is). Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank vaak niets meer over. Natte, venige laagtes kunnen een uitzondering vormen. Zonder het uitstrooien van vers maaisel of plagsel uit geschikte

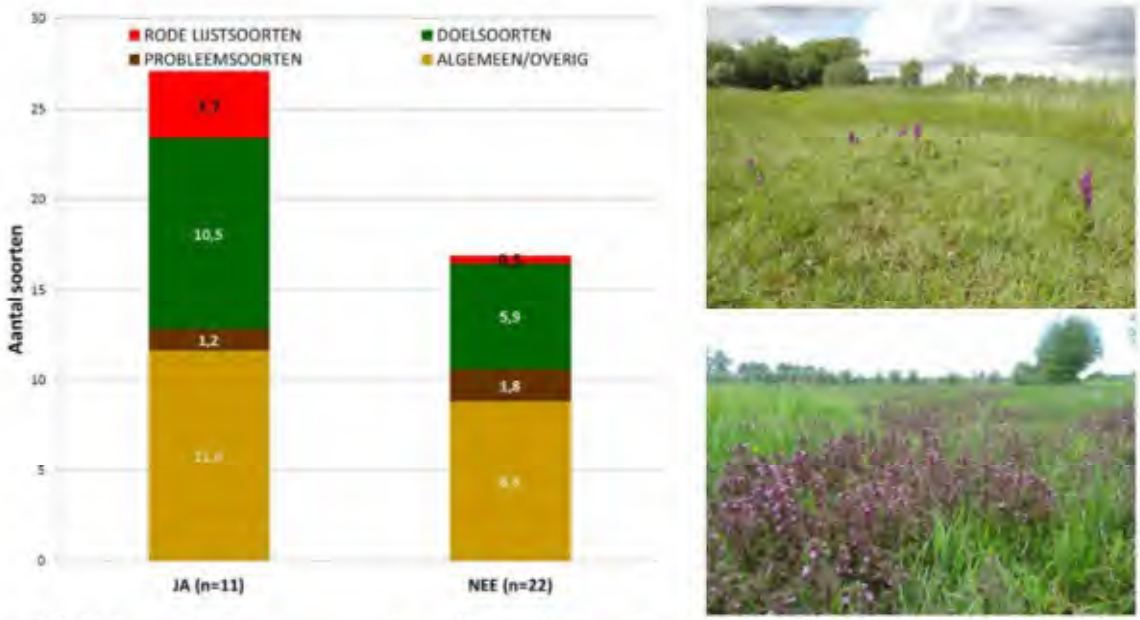
referentiegebieden is de kans op vestiging van doelsoorten klein. Veel zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd op de herstelde terreinen. Het herintroduceren van doelsoorten uit zo lokaal mogelijke bronnen (in verband met de genetische diversiteit en de aanpassing aan lokale omstandigheden) leidt onder de juiste bodemchemische en hydrologische omstandigheden tot een succesvol herstel van ontgronde terreinen (Figuur 20).

Ditzelfde geldt ook voor locaties die door middel van een verschralingsbeheer zijn verschraald. Na het bereiken van de vereiste verschraling is een dichte (relatief soortenarme) zode aanwezig waarin doelsoorten waarschijnlijk ontbreken. Plaggen of chopperen van de zode (mits soortenarm) en maaisel van een doelvegetatie opbrengen kan de beoogde ontwikkeling stimuleren.

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel (Figuur 20) waarbij idealiter 1 m^2 vers verzameld maaisel over 1(-2) m^2 bodem wordt verspreid. Wanneer dit niet mogelijk is, kan het maaisel in een lagere dichtheid of in kleinere over het gebied verspreide zones worden opgebracht. Wanneer ook bodemmateriaal (indicatie dichtheid: 1 m^2 verspreiden over 15-25 m^2) uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhiza schimmels) geïntroduceerd. Mycorrhiza schimmels zijn van belang bij de opname van nutriënten onder voedselarme omstandigheden. Daarnaast beschermen ze de kiemlingen tegen verdroging. Het aanbrengen van maaisel of plagsel op een dichte zode is geen geschikte maatregel door het ontbreken van vestigingsplekken. Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.

Op (matig) voedselrijke plekken waar niet wordt afgegraven kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland. 'Kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er eigenlijk geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. Wanneer witboldominantie optreedt, wordt geadviseerd het maaibeheer te vervroegen. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de labiele P-fractie voldoende laag is (P-z < 1-2). Uit lopend onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (circa 900-1200 µmol/l).

60238 0027



Figuur 20. Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015. Op 33 locaties zijn vegetatieopnames gemaakt in gebieden waar door middel van ontgronding (minimaal 4 jaar geleden) voedselarme condities zijn gecreëerd op voormalige landbouwgronden ten behoeve van schraallandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel (11 locaties) en geen (22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgronding, heeft plaatsgevonden. De soorten zijn verdeeld over vier klassen: Rode Lijstsoorten, Doelsoorten, Probleemsoorten en Algemene/overige soorten. Bron: Onderzoekcentrum B-WARE. Rechts: Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalland met onder ander Moeraskartelblad, Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blauwe knoop, Vetblad, Heidekartelblad, Gevlekte orchis, Welriekende nachtorchis, Brede orchis en Moeraswespenorchis door middel van het afgraven van de voedselrijke toplaag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's: 5.1.2e.

6. SYNTHESE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

6.1 Aanleiding en aanpak van het onderzoek

- Aan de oostrand van Flevoland wordt een drietal voormalige landbouwpercelen omgevormd naar natuur (zie Figuur 1). Op basis van het ontwerp wordt het gebied onderverdeeld in drie deelgebieden (zie Figuur 2). In het noordelijk deelgebied is de bedoeling dat er een poel voor amfibieën en lage vegetatie wordt ontwikkeld, het huidige kunstwerk blijft behouden. Het centrale deel betreft een graslandperceel waar de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijkgrasland of vochtig hooiland gewenst is. In het zuidelijk deel wordt bos ontwikkeld op de toplaag.
- Onderzoekcentrum B-WARE heeft in opdracht van Staatsbosbeheer een onderzoek uitgevoerd om de natuurpotenties en hieruit volgende inrichtingsmaatregelen in kaart te brengen voor deze percelen. Op 9 locaties in het onderzoeksgebied zijn daarvoor op verschillende diepten bodemmonsters verzameld. Daarnaast is op 2 locaties het grondwater en op 2 locaties het oppervlaktewater bemonsterd.
- Omdat in het zuidelijk deelgebied bos wordt ontwikkeld op de toplaag is de bodem hier niet onderzocht.

6.2 Belangrijkste conclusies

Bodem

- In het onderzoeksgebied kunnen de locaties op basis van de grondsoort in twee typen worden ingedeeld. Op locatie 2 tot en met 9 is een zandbodem afgedekt met een kleibodem aangetroffen. Op locatie 1 is geen kleibodem maar wel een veenbodem (45-60 cm-mv) aangetroffen. Het kleipakket is 30 tot 55 cm dik. De A-horizont is 30 tot 50 cm dik. In Figuur 13 wordt de dikte van het kleipakket (zwart) en de dikte van de bouwvoor (rood) per locatie weergegeven. Zie Bijlage 1 voor de gedetailleerde profielbeschrijvingen per locatie.

Hydrochemie

- De afgeleide GLG varieert van 80 tot >150 cm-mv en de GHG van 0 tot 55 cm-mv. Hiermee lijkt het gebied voornamelijk droog tot vochtig te zijn, echter door de kleibodem in de toplaag kan het voorkomen dat regenwater regelmatig op maaiveld blijft staan. In Figuur 16 worden afgeleide grondwaterstanden weergeven op een hoogtekaart. Door middel van een ontgronding (mits passend in het ecohydrologische systeem) of het nemen van hydrologische maatregelen kunnen de grondwaterstanden dichter bij het maaiveld komen. Dit hydrologische aspect maakt geen onderdeel uit van het onderzoek.
- De mate van buffering van het grondwater past bij de ontwikkeling van vochtig hooiland of nat schraalland. De bodemchemische condities zullen bepalen welk natuurbeheertype het meest reëel is. Zowel het grondwater als het oppervlaktewater is verrijkt met fosfaat, dit kan een knelpunt zijn voor de waterkwaliteit van de poel (zie paragraaf 5.4).

Ontwikkelingsmogelijkheden

- In deelgebied noord (locatie 1 en 2) is de toplaag niet tot licht verrijkt met fosfaat waardoor de toplaag doorontwikkeld kan worden tot een vochtig hooiland. De ontwikkeling kan worden gestimuleerd door te chopperen of plaggen en maaisel uit een referentieterrein in te brengen. De huidige grondwaterstanden (GLG 90-100 cm-mv en GHG 40-50 cm-mv) zijn aan de droge

60238 0027

kant voor een vochtig hooiland waardoor de ontwikkeling van een glanshaverhooiland waarschijnlijker is (zie paragraaf 5.5.2).

- In deelgebied centraal (locatie 4-9) is de bodem tot 30/35 cm-mv verrijkt met fosfaat. Na afgraving van deze verrijkte bodem (30/35 cm) is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van fosfaatgelimiteerde vegetatie. In het gebied worden twee typen bodems aangetroffen, een klei- en een zandbodem. De te ontwikkelen vegetatie hangt af van het type bodem dat aan het oppervlak komt:
  - De kleibodem is over het algemeen sterk gebufferd en rijk aan ijzer (246-1182 mmol/l Ca-t en 111-468 mmol/l Fe-t), dit past, onder P-arme en de juiste hydrologische condities, bij de ontwikkeling van een vochtig hooiland (/ nat schraalland). Indien de bodem te droog blijft is de ontwikkeling van een glanshaverhooiland waarschijnlijker. Op locatie 4 met maar een overblijvende kleilaag van 10 cm zal waarschijnlijk een vochtig hooiland met karakteristieken van een blauwgrasland tot ontwikkeling komen.
  - De zandbodem is over het algemeen matig gebufferd en matig-sterk ijzerhoudend (18-88 mmol/l Ca-t en 34-113 mmol/l Fe-t), dit past, onder P-arme en de juiste hydrologische condities, bij de ontwikkeling van een heischraalgrasland/blauwgrasland.
  - Ter hoogte van locatie 9 wordt, volgens de huidige plannen, een glooiende natuurvriendelijke oever aangelegd. De bodem is tot op circa 35 cm-mv verrijkt met fosfaat. Om relatief voedselarme oevers te creëren wordt geadviseerd om de zone waar minder dan 35 cm wordt afgegraven zo smal mogelijk te houden. Op deze manier kan ook op het grootste deel van de oever een soortenrijke vegetatietype tot ontwikkeling komen en wordt verruiging zo veel mogelijk voorkomen (zie ook paragraaf 5.5.3).
- Voor de te ontwikkelen poel is het belangrijk om een voedselarme waterbodem te creëren waarbij P-nalevering wordt voorkomen. Deze wordt aangetroffen op 50 cm-mv op locatie 2 (huidige ligging poel). Men kan overwegen om de locatie van de poel te verplaatsen naar deelgebied centraal (locatie 3-5) zodat in deelgebied noord de toplaag kan worden doorontwikkeld en hier geen ontgrondingswerkzaamheden te hoeven worden uitgevoerd (zie paragraaf 5.5.4). In deelgebied noord is het een voordeel dat de toplaag reeds voedselarm tot zeer beperkt verrijkt is met fosfaat waardoor de oevers automatisch ook relatief voedselarm zullen zijn.
- In Figuur 19 wordt per locatie de geadviseerde ontgrondingsdiepte weergegeven om de ontwikkeling van een fosfaatgelimiteerde vegetatie mogelijk te maken. De plusjes (+) duiden op de noodzaak voor verschralingsbeheer.

Aandachtspunten

- De huidige inschatting van de grondwaterstanden is gebaseerd op de grondwaterstanden afgeleid uit het boorprofiel. Het is echter goed mogelijk dat door de aanleg van de poel, veranderingen aan de sloot en eventueel ontgronding de hydrologie verandert in het gebied. Dit kan gevolgen hebben voor de te ontwikkelen vegetatietypen.
- Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de verschralingsmogelijkheden en natuurpotenties op basis van de bodemchemische omstandigheden. Het vormt de basis voor het op te stellen inrichtingsplan. Dit maakt geen onderdeel uit van de opdracht. Een eventuele ontgronding kan een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

60238 0027

7. LITERATUUR

Becker, P. de (2004) Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende Alno/Padion en Alnion incanae/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.

Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen (2016) Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad Natuur Bos Landschap* maart: 10-13.

Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.

Dorland, E., K. Eichhorn, T. Van den Broek & M. Courbois (2020) Herstel kruidenrijke graslanden op zandgrond door tijdelijk akkerbeheer. De Levende Natuur 121: 86-91.

Eichhorn, K., E. Brouwer, E. Dorland, R. Ketelaar & T. van den broek (2020) Kruidenrijke natuurgraslanden ontwikkelen op fosfaatrijke grond. Wat is er mogelijk? De Levende Natuur 121: 92-95.

Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma (2005) OGOR Natuur in Noord-Brabant. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.

Klimkowska, A., R. van Diggelen, J.P. Bakker & A.P. Grootjans (2007). Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* **140**: 318-328.

Lamers, L.P.M., E.C.H.E.T. Lucassen, A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2005) Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H_2O* **38** (17): 28-30.

Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs (2009) Verpitrussing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* **110** (1): 43-46.

Mullekom, M. van, A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.

Mullekom, M. van, F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs (2009) Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **6**: 2-7.

Mullekom, M. van & F. Smolders (2012) Bodemchemisch onderzoek Gooiermars. Onderzoek naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden op voormalige landbouwgronden. Rapport 2012.34, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M. Weijters, H.B.M. Tomassen, R. Bobbink, A.J.P. Smolders (2013) Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* **114**: 120-126.

Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Department of Agriculture* circular No. 939.

Scherpenisse, M.C., E. Verbaarschot, B. Timmermans, R. Bobbink & P.J.M. Verbeek (2017) Graslanden in Overijssel. Advies voor kwaliteitsverbetering van kruiden- en faunarijk grasland. Natuurbalans - Limens Divergens BV, Nijmegen.

Schippers, W. (2012) Ontwikkelen van kruidenrijk grasland. *Samenwerkende Uitgevers Vof.*

Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006) De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **3**(4): 5-11.

60238 0027

Smolders, A., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen, & E. Brouwer (2009) Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* **110**: 33-38.

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2012) Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **1**: 12-15.

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2016) Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* **45**: 701-708.

Tsiafouli, M.A., E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C. de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett, M.V. Brady, L. Bjornlund, H.B. Jørgensen, S. Christensen, T. D' Hertefeldt, S. Hotes, W.H.G. Hol, J. Frouz, M. Liiri, S.R. Mortimer, H. Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V. Wolters & K. Hedlund (2015) Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* **21**: 973-985.

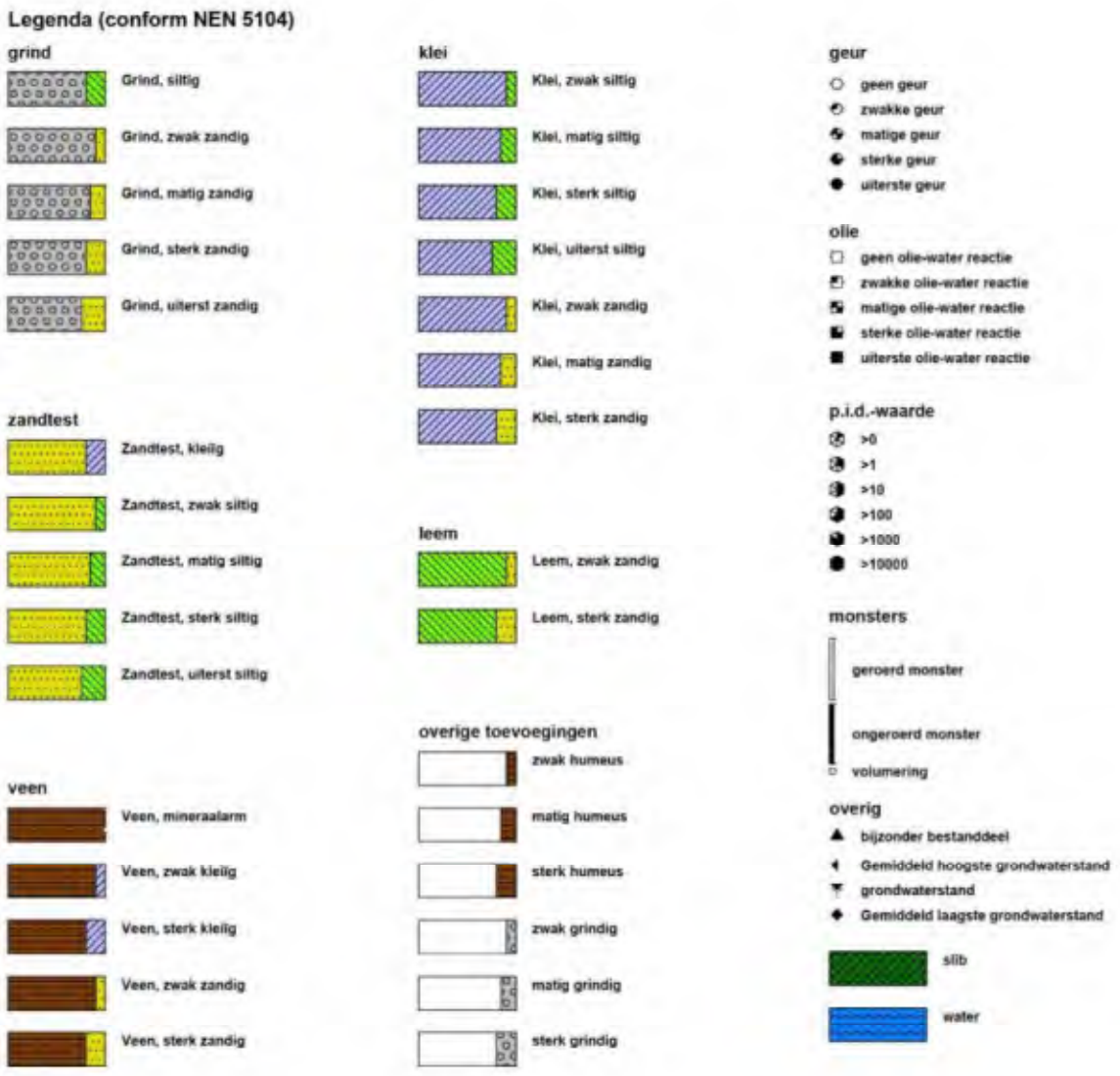
60238 0027

8. BIJLAGEN

8.1 Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem

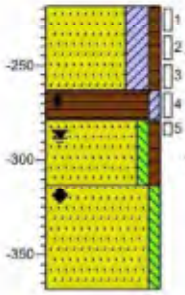
Profielbeschrijvingen conform NEN5104 van de boorlocaties op de locaties in Dronten. Profielbeschrijvingen zijn opgesteld door ATKB (5.1.2e).

Legenda:



Boring: 1

X:	183536,36
Y:	496369,07
Datum:	4-1-2022
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	-2,185
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	70
GHG:	50
GLG:	100



0 braak

A-HORIZONT (45)
Zand, zeer fijn, matig stevig, sterk kleiig, zwak humeus, M50 (145), resten wortels, brokken klei, sporen roest, sporen schelpen, K-waarde: 0,3, donker beigegrijs, Edelmanboor, Opgebracht, scherp, heterogeen, roestvlekken, opgebrachte grond

45 (15) 60

O-HORIZONT (35)
Veen, vast, zwak kleiig, K-waarde: 0,05, donkerbruin, Edelmanboor, Begraven veen bodem, geleidelijk, homogeen, bosveen, sterk veraard, veraard veen

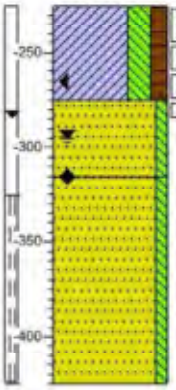
95 (55) 150

BC-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (155), sporen Humus, sporen roest, K-waarde: 1, licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

C-HORIZONT
Zand, zeer fijn, vast, zwak siltig, M50 (145), sporen schelpen, K-waarde: 1, donkergrijs, Edelmanboor, Gereduceerd, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

Boring: 2

X:	183448,94
Y:	496314,00
Datum:	4-1-2022
Boormeester:	S.1.2c
N.A.P. :	-2,252
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	70
GHG:	40
GLG:	90



0 braak

AP-HORIZONT (50)
Klei, stevig, sterk siltig, matig humeus, resten wortels, sporen roest, sporen schelpen, K-waarde: 0,05, donker grijsbruin, Edelmanboor, Egaal opgebracht, scherp, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

90 (40) 90

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, M50 (155), sporen roest, sporen schelpen, K-waarde: 1, licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

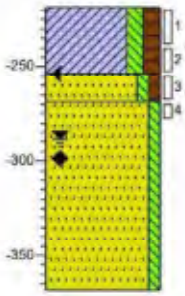
(110)

C-HORIZONT
Zand, zeer fijn, vast, zwak siltig, M50 (145), spikkels schelpen, K-waarde: 1, donkergrijs, Edelmanboor, Gereduceerd, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

200

Boring: 3

X:	183438,87
Y:	496204,60
Datum:	4-1-2022
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	-2,186
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	70
GHG:	35
GLG:	80



0 akker

AP-HORIZONT (35)
Klei, stijf, matig siltig, matig humeus, resten wortels, brokken klei, K-waarde: 0,05, donker grijsbruin, Edelmanboor, Geroerd, geleidelijk, heterogeen, bouwvoor

35 (15) 50

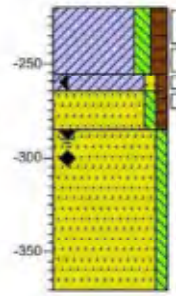
BC-HORIZONT (100)
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (155), matig roesthoudend, sporen schelpen, K-waarde: 1, licht oranjebeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

150

C-HORIZONT
Zand, zeer fijn, vast, zwak siltig, M50 (145), sporen schelpen, K-waarde: 1, donkergrijs, Edelmanboor, Gereduceerd, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

Boring: 4

X:	183363,33
Y:	496240,53
Datum:	4-1-2022
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	-2,205
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	70
GHG:	40
GLG:	80



0 akker

AP-HORIZONT (35)
Klei, vast, matig siltig, matig humeus, resten wortels, K-waarde: 0,05, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

35 (10) 45 (20) 65

BC-HORIZONT (85)
Klei, vast, zwak zandig, zwak humeus, M50 (115), resten schelpen, zwak roesthoudend, lensjes zand, K-waarde: 0,1, donker grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, humusinspoeling

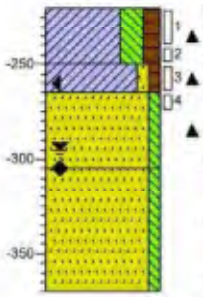
150

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (155), matig roesthoudend, resten schelpen, lensjes Humus, K-waarde: 1, licht geelbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

C-HORIZONT
Zand, zeer fijn, vast, zwak siltig, M50 (145), spikkels schelpen, K-waarde: 1, donkergrijs, Edelmanboor, Gereduceerd, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

Boring: 5

X:	183299,10
Y:	496279,75
Datum:	4-1-2022
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	-2,202
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	75
GHG:	40
GLG:	85



0 akker

AP-HORIZONT
Klei, vast, sterk siltig, matig humeus, resten wortels, sporen schelpen, K-waarde: 0,05, donker grijsbruin, Edelmanboor, scherp, homogeen, bouwvoor

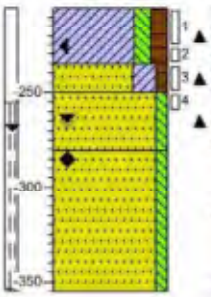
BC-HORIZONT
Klei, vast, zwak zandig, zwak humeus, M50 (135), laagjes klei, laagjes zand, matig roesthoudend, resten schelpen, K-waarde: 0,1, donker geelbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, humusinspoeling

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, M50 (155), matig roesthoudend, resten schelpen, K-waarde: 1, licht oranjebeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

C-HORIZONT
Zand, zeer fijn, vast, zwak siltig, M50 (145), sporen schelpen, K-waarde: 1, donkergrijs, Edelmanboor, Gereduceerd, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

Boring: 6

X:	183384,80
Y:	496120,79
Datum:	4-1-2022
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	-2,054
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	60
GHG:	20
GLG:	80



0 akker

AP-HORIZONT
Klei, vast, matig siltig, matig humeus, brokken klei, sporen roest, resten wortels, K-waarde: 0,05, donker grijsbruin, Edelmanboor, Geroerd, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

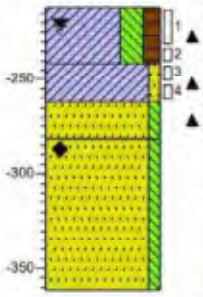
BC-HORIZONT
Zand, zeer fijn, matig stevig, sterk kleiig, zwak humeus, M50 (145), zwak roesthoudend, resten schelpen, brokken klei, K-waarde: 0,5, donker beigegrijs, Edelmanboor, Geroerd, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, humusinspoeling

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, zwak siltig, M50 (155), sporen roest, sporen schelpen, K-waarde: 1, lichtgrijs, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, matig stevig, zwak siltig, M50 (155), resten schelpen, K-waarde: 2, donkergrijs, Edelmanboor, Gereduceerd, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

Boring: 7

X:	183285,33
Y:	496169,84
Datum:	4-1-2022
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	-2,119
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	10
GHG:	0
GLG:	75



0 akker

AP-HORIZONT
Klei, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, resten wortels, K-waarde: 0,1, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

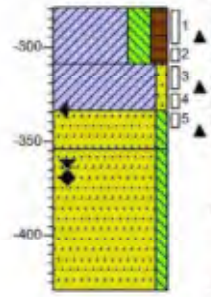
BC-HORIZONT
Klei, vast, zwak zandig, M50 (115), lensjes zand, spikkels schelpen, spikkels roest, K-waarde: 0,1, licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, humusinspoeling

C-HORIZONT
Zand, zeer fijn, vast, zwak siltig, M50 (135), matig roesthoudend, spikkels schelpen, K-waarde: 1, licht beigeoranje, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

C-HORIZONT
Zand, zeer fijn, vast, zwak siltig, M50 (145), resten schelpen, K-waarde: 1, donkergrijs, Edelmanboor, Gereduceerd, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

Boring: 8

X:	183180,67
Y:	496207,63
Datum:	4-1-2022
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	-2,793
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	85
GHG:	55
GLG:	90



0 akker

A-HORIZONT
Klei, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, resten wortels, K-waarde: 0,1, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

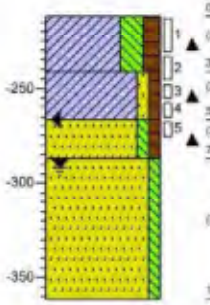
BC-HORIZONT
Klei, stevig, zwak zandig, M50 (135), lensjes zand, zwak roesthoudend, resten schelpen, K-waarde: 0,2, donker bruinbeige, Edelmanboor, Minim ingespoeld, scherp, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, humusinspoeling

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, M50 (155), matig roesthoudend, K-waarde: 1, licht oranjebeige, Edelmanboor, Roestiger zand, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, moedermateriaal

C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, M50 (155), resten schelpen, K-waarde: 1, lichtgrijs, Edelmanboor, Gereduceerd siltiger, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

Boring: 9

X:	183238,57
Y:	496110,04
Datum:	4-1-2022
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	-2,117
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	80
GHG:	55



0 akker

(30) 30 AP-HORIZONT
Klei, matig stevig, sterk siltig, matig humeus, resten wortels, K-waarde: 0,1, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

(25) 55 BC-HORIZONT
Klei, vast, zwak zandig, zwak humeus, M50 (115), lensjes zand, resten schelpen, zwak roesthoudend, K-waarde: 0,2, licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, humusinspoeling

(20) 75 C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (155), lensjes Humus, matig roesthoudend, spikkels schelpen, K-waarde: 1, licht geelbeige, Edelmanboor, iets rommelig roestiger zand, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, moedermateriaal

(75) 150 C-HORIZONT
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, M50 (155), spikkels schelpen, K-waarde: 1, lichtgrijs, Edelmanboor, Gereduceerd, geleidelijk, homogeen, moedermateriaal

Boring: OW1

X:	183425,52
Y:	496285,05
Datum:	4-1-2022
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	-3,171
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers

0 waterspiegel

Boring: OW2

X:	183266,34
Y:	496086,32
Datum:	4-1-2022
Boormeester:	S.1.2e
N.A.P. :	-3,143
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers

0 waterspiegel

www.b-ware.eu

BemestingsWijzer
Grasland
staatsbosb. 8

Uw klantnummer: 8957924

Provincie Overijssel
Eenheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice.agro@eurofins.com
I www.eurofins-agro.com

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
	749869/005364686	07-04-2021	14-04-2021
	inkoopd.4500018209		

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	2750	1460 - 2120					
	C/N-ratio		11	13 - 17					
	N-leverend vermogen	kg N/ha	145	95 - 145					
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	5	20 - 30					
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	450	260 - 365					
	C/S-ratio		65	50 - 75					
	S-leverend vermogen	kg S/ha	12	20 - 30					
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	< 0,4	2,9 - 4,2					
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	40	155 - 225					
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	40	100 - 140					
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	105	80 - 130					
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	30	95 - 220					
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	500	465 - 700					
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	50	115 - 175					
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	85	35 - 140					
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	10	65 - 115					
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	10	30 - 45					
Fysisch	Zuurgraad (pH)		4,3	5,0 - 5,7					
	C-organisch	%	2,3						
	Organische stof	%	4,3						
	C/OS-ratio		0,53	0,45 - 0,55					
	Koolzure kalk	%	0,3	2,0 - 3,0					
	Klei (<2 µm)	%	3						
	Silt (2-50 µm)	%	6						
	Zand (>50 µm)	%	86						
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	34	> 52					
	CEC-bezetting	%	79	> 95					
	Ca-bezetting	%	56	75 - 85					
	Mg-bezetting	%	16	6,0 - 10					
	K-bezetting	%	5,9	2,0 - 5,0					
	Na-bezetting	%	1,2	1,0 - 1,5					
	H-bezetting	%	1,8	< 1,0					
	Al-bezetting	%	12	< 1,0					

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0				
Verslemping	rapportcijfer	7,9	6,0 - 8,0				

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch	Vochthoudend vermogen	mm	18						
	Microbiële biomassa	mg C/kg	567	215 - 645			■		
	Microbiële activiteit	mg N/kg	72	125 - 175		■			
	Schimmel/bacterie-ratio		0,3	0,7 - 1,0	▮				

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

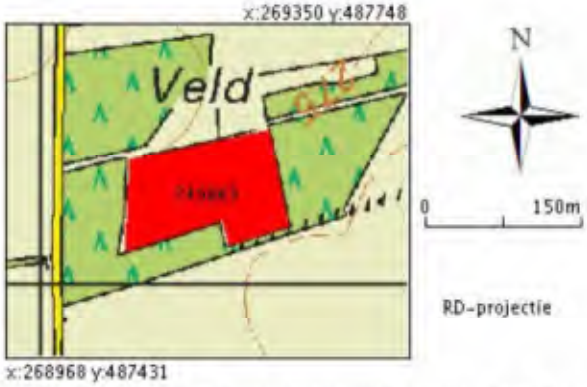
Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 7	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-$CaCl_2$)	= < 0,3	mg P/kg
Pw-getal	= 4	mg P_2O_5/l

Oostelijk Veehouderijgebied



Hoekpunten perceel: 269218 487648, 269084 487619, 269080 487530, 269174 487560, 269179 487536, 269237 487555, 269218 487648

Vanwege ruimtegebrek is het mogelijk dat niet alle coordinaten van de vastgelegde hoekpunten van het perceel op dit verslag zijn weergegeven. Deze zijn echter wel opgeslagen in onze database.

staatsbosb. 8

Advies **Stikstof (N)** **2021 t/m 2024**

	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	341	zeer licht weiden	< 1000	52	14	11	11	13	12	12
		licht weiden	1000 - 1500	73	20	31	31	29	26	23
		normaal weiden	1500 - 2000	89	47	48	48	42	36	31
		licht maaien	2000 - 2500	103	71	64	64	51	43	
		normaal maaien	2500 - 3000	113	92	76	76	58		
		zwaar maaien	> 3000	119	110	86	86			
		standweiden		73	-	51	40	41	32	32

				2021		2022 t/m 2024	
		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	0 (2e snede)	35	0 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		80	10 (eenmalig)	80	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		80	20 (eenmalig)	80	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	80	20	80	20
		normaal maaien	> 2500	80	25	80	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		100	15 (eenmalig)	100	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		100	85 (eenmalig)	100	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	140	70	140	70
		normaal maaien	> 2500	180	100	180	100

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	110	110	110	110

			2021		2022 t/m 2024	
	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)		100	100 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)		5	5 (eenmalig)	5	5 (eenmalig)

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	1200	-	-	-
		Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 110			

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	0
	Calcium (CaO)	eenmalig	300
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
Als na toediening van dierlijke mest nog 20 tot 25 kg fosfaat voor de eerste snede nodig is, dan kunt u deze aanvulling met kunstmest om praktische redenen achterwege laten. Tel de 'te weinig' gegeven fosfaat op bij de gift voor de volgende snede.
De P-buffering is 23 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 12

Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

Magnesium:
Magnesium (Mg) is van belang voor opbrengst van gras, maar de Mg-voorziening moet tevens in orde zijn om het risico op kopziekte te voorkomen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.
Op blijvend grasland moet u bij voorjaarsaanwending de kalkgift over twee jaren verdelen.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

staatsbosb. 8

Bontheid

Legenda

Schaal: 1:5,000

Bodemscout

Gewasproductie

- Boven gemiddeld
- Gemiddeld
- Onder gemiddeld

Percelen

- Bemonsterd perceel
- Gewasperceel
- Perceelsvlak
- Bodemscoutvlak

Datum: 09-04-2021 Tijd: 16:47:57

BodemScout toont - gebaseerd op 9 jaar satellietbeelden - de structurele verschillen binnen een gewasperceel; waar deed het gewas het gemiddeld beter en waar slechter? Geeft de BodemScout aan dat uw perceel heel heterogeen is, dan kunt u eerst onderzoeken waardoor de verschillen veroorzaakt worden (zoals structuur, vochtbinding, (schadelijk) bodemleven, tekort aan nutriënten, pH-toestand) en vervolgens uw management aanpassen aan deze informatie.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Organische stof

Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 2,9

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Netto toename van effectieve organische stof.

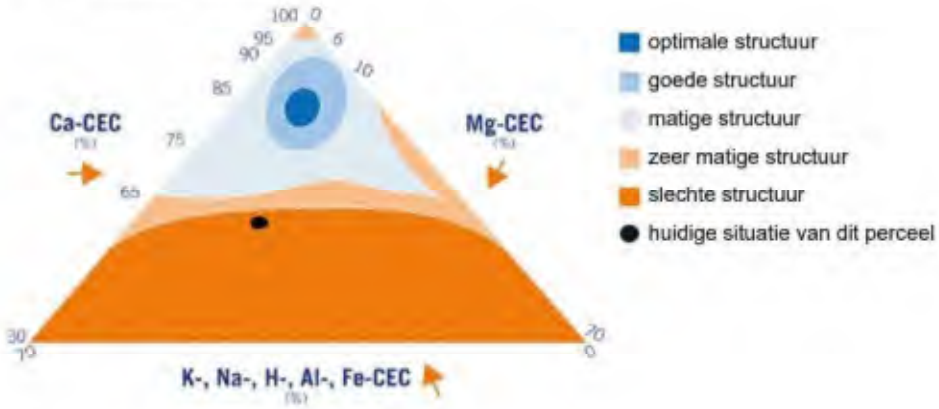
Figuur: Kwaliteit van de organische stof

Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek



staatsbosb. 8

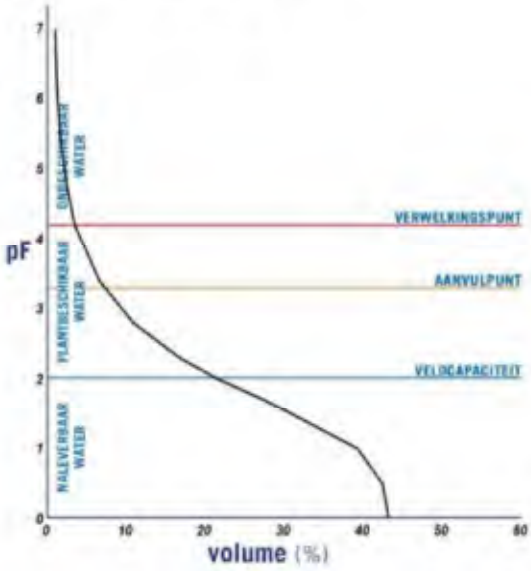
Fysisch

Figuur: Textuurdriehoek

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 18 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 7,3 % vocht zit en geef dan 15 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, 5.1.2e
Contactpersoon monstername:	5.1.2e 5.1.2e
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Normaal

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Methode		Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse resultaten	N-totale bodemvoorraad	2100	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	S-plantbeschikbaar	4,1	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
	S-totale bodemvoorraad	345	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	P-plantbeschikbaar	< 0,3	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	P-bodemvoorraad	7	mg P_2O_5/100 g	PAL1: Gw NEN 5793	Q
	K-plantbeschikbaar	29	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	K-bodemvoorraad	2,0	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-plantbeschikbaar	0,3	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-bodemvoorraad	25	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Mg-plantbeschikbaar	38	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Mg-bodemvoorraad	5,3	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Na-plantbeschikbaar	6	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Na-bodemvoorraad	0,4	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Zuurgraad (pH)	4,3		Em: NIRS (TSC®)	
	C-organisch	2,3	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	Organische stof	4,3	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	C-anorganisch	0,04	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Koolzure kalk	0,3	%		
	Klei (<2 µm)	3	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Silt (2-50 µm)	6	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Zand (>50 µm)	86	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei-humus (CEC)	34	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële biomassa	567	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële activiteit	72	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Schimmel biomassa	48	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Bacteriële biomassa	162	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform
P-bodemvoorraad Deze analyse is in duplo uitgevoerd.

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
Het monster is geanalyseerd in het Eurofins Agro laboratorium in Wageningen, tenzij anders is vermeld.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 08-04-2021

Biogeochemisch onderzoek Oeverlanden

5.1.2e

5.1.2e

5.1.2e

Nutriënten Management Instituut BV
e-mail: nmi@nmi-agro.nl
website: www.nmi-agro.nl

Referaat

5.1.2e 5.1.2e 5.1.2e 2023, Biogeochemisch onderzoek Oeverlanden, Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 1964.N.23, 56 p.

© 2023 Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit de inhoud mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van Nutriënten Management Instituut NMI.

Rapporten van NMI dienen in eerste instantie ter informatie van de opdrachtgever. Over uitgebrachte rapporten, of delen daarvan, mag door de opdrachtgever slechts met vermelding van de naam van NMI worden gepubliceerd. Ieder ander gebruik (daaronder begrepen reclame-uitingen en integrale publicatie van uitgebrachte rapporten) is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NMI.

Disclaimer

Nutriënten Management Instituut NMI stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens NMI verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Verspreiding

5.1.2e, Staatsbosbeheer digitaal

Inhoudsopgave

Samenvatting en conclusies 2

1 Inleiding 5

2 Methodiek 7

2.1 Veldwerk 7

2.2 Bodemanalyses en het gedrag van fosfaat in de bodem 9

2.3 Referentiewaardes fosfaattoestand natuurontwikkeling 11

2.4 Referentiewaardes hydrologie 14

3 Resultaten 16

3.1 Bovenbeek-Nodbeek 16

3.1.1 Perceel 35 16

3.2 Wetering-Pangelerbeek 18

3.2.1 Perceel 3 & rand van Pangelerbeek 18

3.3 Andhuizerbeek 21

3.3.1 Perceel 7 21

3.3.2 Perceel 10 23

3.3.3 Perceel 16 25

3.3.4 Perceel 11 27

3.3.5 Perceel 15 29

3.3.6 Perceel 32 32

3.3.7 Perceel 31 34

3.3.8 Ongenummerd 36

3.4 Noordoost 38

3.4.1 Perceel 21 38

3.4.2 Perceel 25 40

4 Synthese en conclusies 43

Literatuurlijst 46

Bijlage I Regionale ligging van het onderzoeksgebied 47

Bijlage II Perceelnummering 48

Bijlage III Bodembeschrijvingen 52

Samenvatting en conclusies

Staatsbosbeheer is gestart met natuurontwikkelingsproject 'Randmeer Oeverlanden', wat onderdeel uitmaakt van het Gelders Natuur Netwerk. Om de natuurpotenties van de percelen te kunnen inschatten en vast te stellen welke inrichtingsmaatregelen nodig zijn, voert Witteveen+Bos momenteel een Landschapsecologische Systeemanalyse (LESA) uit. De LESA bouwt voort op eerder uitgevoerd onderzoek. Voor het uitvoeren van de LESA is onder andere inzicht in de biochemie nodig en daartoe zijn bodemmonsters genomen en geanalyseerd op voedselrijkdom. Doel hiervan is om vast te stellen welke potenties er zijn voor natuurontwikkeling (vooral kruiden- en faunarijk grasland (N12.02), dotterbloemhooiland/vochtig hooiland (N10.02) en nat schraalland (N10.01)) en om na te gaan welke inrichtingsmaatregelen nodig en mogelijk zijn.

Er zijn grondmonsters genomen op 30 boorlocaties, volgens een door Witteveen&Bos opgesteld boorplan. Op 20 en 24 t/m 26 april 2023 is per monsternamelocatie de bodem op drie diepten bemonsterd. Op 20 locaties is de bodem tot 30cm bemonsterd (0-10, 10-20 en 20-30cm -mv). Op 10 locaties is de bodem als uitgangspunt tot 60cm bemonsterd. De monsters zijn als mengmonsters genomen, waarbij circa 15 steken in een straal van 5 meter rond het monsterpunt zijn verzameld. In de grondmonsters zijn de algemene bodemkenmerken organische stofgehalte, textuur (zand-, silt-, kleifractie), klei-humuscomplex (CEC) en de stikstofrijkdom van organische stof (C/N verhouding) bepaald. Daarnaast zijn analyses uitgevoerd om inzicht te krijgen in de directe beschikbaarheid en beschikbare reserves van de nutriënten stikstof, fosfaat, kalium, zwavel, calcium en magnesium. Ook zijn de zuurgraad, en de buffering door kalk en de basensamenstelling van het klei-humuscomplex gemeten. Er zijn meerdere fosfaatfracties bepaald, zoals P-AL, P-ox en P-totaal.

Rond veel boorpunten is de voedselrijkdom voldoende laag voor N12.02 Fauna- en kruidenrijk grasland. Alleen rond BP4, 13, 24 en 29 is de voedselrijkdom suboptimaal (P-AL en FVG >26) en rond BP30 is de uitgangssituatie nog minder geschikt (P-AL > 40) voor N12.02. In die gevallen dient te worden gewerkt aan het verlagen van de fosfaattoestand, bijvoorbeeld via verschralen of uitmijnen. Als er ook vernat moet worden, kan plaggen of afgraven ook interessant zijn.

Voor N10.02 Vochtig hooiland / dotterbloemhooiland, wat als matig voedselrijk wordt beschouwd, is er in een groter aantal gevallen sprake van een te voedselrijke situatie en/of voor te droge omstandigheden. In die gevallen kan worden verschraald door te plaggen/ af te graven, waarbij dus ook sprake is van vernatting, omdat naar het grondwater toe gegraven wordt. Voor het bepalen van de plagdiepte / afgravingsdiepte moet worden gekeken naar de dikte van de la(a)g(en) met een te hoge fosfaattoestand, waarbij de fosfaattoestand in de vrijkomende bodemlaag voldoende laag moet zijn om te voldoen aan de streefwaarden van het beoogde beheertype. En daarnaast natuurlijk naar de hoogte van de grondwaterstand (GVG en GLG). In enkele gevallen is de pH lager dan de streefwaarde en is een bekalking gewenst om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren.

Er zijn ook locaties die in de uitgangssituatie geschikt zijn voor vochtig hooiland, waarbij de beoogde vegetatie soms ook al (deels) aanwezig is. Soms is de fosfaattoestand in de uitgangssituatie al zo laag, dat nat schraalland op basis daarvan tot de mogelijkheden kan behoren. In tabel 1 is per boorlocatie aangegeven of daar sprake van is. Voor nat schraalland is de maximale diepte voor de gemiddelde

voorjaarsgrondwaterstand echter 30 cm, wat dus een aanvullende eis is waarmee rekening gehouden moet worden.

Tabel 1. Samenvattende tabel met de potenties voor kruiden- en faunarijk grasland (N12.02), vochtig hooiland (N10.02) en nat schraalland (N10.01) per boorpunt. De mate waarin wordt tegemoet wordt gekomen aan streefwaarden voor voedselrijkdom, pH en vochthuishouding wordt aangegeven met kleuren (groen=optimaal, geel=suboptimaal, oranje=minder geschikt en rood=ongeschikt).

Perceel	Boor-punt	N12.02	potenties voor N10.02 Vochtig hooiland en N10.01 Nat schraalland			
			Voedsel-rijkdom	pH	vocht	opmerking/maatregel/advies/aanbeveling
35	1					Afgraven (0-20 cm) tbv verschraling en vernatting + bekalking
	2					Afgraven (0-20 cm) tbv verschraling en vernatting + bekalking
	28					Op strandwal, geschikt voor droog schraalland, bekalking nodig
3	3					Verschralen/uitmijnen of afgraven (0-10 cm) tbv verschraling
	4					Afgraven 0-10 cm tbv verschraling gewenst
	5					Voedselarm (P-AL<10), evt geschikt voor nat schraalland
	6					Voedselarm (P-AL<10), evt geschikt voor nat schraalland
	7					Eventueel afgraven tbv gewenste vernatting
7	8					Voedselarm (P-AL<10), evt geschikt voor nat schraalland
	9					Voedselarm (P-AL<10), evt geschikt voor nat schraalland
	10					Afgraven tbv verschraling en vernatting
10	11					Uitgangssituatie geschikt voor vochtig hooiland
	12					Voedselarm (P-AL<10), evt geschikt voor nat schraalland
	15					Voedselarm (P-AL<10), evt geschikt voor nat schraalland
	16					Uitgangssituatie geschikt voor vochtig hooiland, bekalking nodig
16	13					Afgraven (0-10 cm) tbv verschraling en vernatting
11	17					Afgraven (0-10 cm) tbv verschraling en vernatting
15	14					Voedselarm (P-AL<10); afgraven (0-10 cm) tbv vernatting
	18					Afgraven (0-10 cm) tbv verschraling en vernatting
	19					Afgraven (0-10 cm) tbv verschraling en vernatting
	20					Voedselarm (P-AL<10); afgraven (0-10 cm) tbv vernatting
	21					Afgraven (0-10 cm) tbv verschraling en vernatting, bekalking
	24					Afgraven (0-30 cm) tbv verschraling en vernatting
32	22					Geschikt voor vochtig hooiland en/of nat schraalland, bekalking
31	23					Geschikt voor vochtig hooiland en/of nat schraalland (P-AL<10)
ongenu	25					Geschikt voor vochtig hooiland en/of nat schraalland (P-AL<10)
	27					Geschikt voor vochtig hooiland en/of nat schraalland (P-AL<10)
NO	29					Afgraven (0-20 cm) tbv verschraling en vernatting
25	30					Afgraven (0-30 cm) tbv verschraling. Voedselrijkdom in bodemlaag >30 cm onzeker. Aanvullend onderzoek nodig.

Naast de genoemde eisen ten aanzien van voedselrijkdom, pH en vochthuishouding, speelt ook de N-depositie in verhouding tot de KDW van de betreffende habitattypen een rol in de haalbaarheid van natuurdoelen op de lange termijn. Daarbij ligt de N-depositie in het gebied rond de 20 kg N/ha/jaar (Aerius Monitor), wat ongeveer overeen komt met de KDW voor kruiden- en faunarijk grasland en vochtig hooiland. Voor droog en nat schraalland ligt de KDW op 10-12 kg N/ha/jaar (heischraal grasland, valt onder droog schraalland) of 15 kg N/ha/jaar (blauwgrasland, valt onder nat schraalland). Daarmee ligt

de actuele N-depositie hoger dan de KDW's voor droog en nat schraalland, wat de kansrijkheid voor het realiseren van deze natuurtypen op de langere termijn beperkt.

Concluderend,

- Op 16 van de 29 boorpunten is de fosfaattoestand optimaal voor vochtig hooiland; op 11 van de 16 punten valt ook de pH binnen het streeftraject voor vochtig hooiland en op 6 van de 29 boorpunten zijn zowel de fosfaattoestand, de pH als de vochthuishouding optimaal voor vochtig hooiland.
- In de situaties waar niet alle factoren optimaal zijn voor vochtig hooiland, kunnen maatregelen worden genomen om aan de eisen tegemoet te komen. Voor het verlagen van de fosfaattoestand en vernatten kan worden gedacht aan plaggen/afgraven (vooral als allebei nodig is) en als de pH te laag is kan worden bekalkt.
- Op 12 van de 29 boorpunten is de fosfaattoestand dusdanig laag dat op basis daarvan ook nat schraalland mogelijk lijkt. Belangrijkste aanvullende eis is dat de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand niet dieper is dan 30 cm (bij voorkeur niet dieper dan 20 cm). Dat is vrijwel nergens het geval in dit gebied en kan uitsluitend worden gerealiseerd door afgraven. Overigens ligt de actuele N-depositie in het gebied op een niveau van ca. 20 kg N/ha/jaar, wat hoger is dan de KDW van 15 kg N/ha/jaar voor nat schraalland, waarmee dat ook een bottleneck kan vormen voor de ontwikkeling van nat schraalland op langere termijn.

1 Inleiding

Achtergrond

Staatsbosbeheer is gestart met natuurontwikkelingsproject 'Randmeer Oeverlanden'. Het gebied is gelegen tussen Elburg en Harderwijk en maakt onderdeel uit van het Gelders Natuur Netwerk (regionale situering in Bijlage I). Voor de natuurontwikkeling zijn verschillende knelpunten aanwezig, onder meer:

- Het plangebied bestaat grotendeels uit kleine percelen die van elkaar gescheiden worden door agrarische percelen. Daarnaast bevinden zich verspreid in het plangebied meerdere, vaak smalle, particuliere recreatiepercelen, met eigen toegangsweggetjes. Hierdoor is het plangebied versnipperd, wat robuuste natuurontwikkeling op sommige plaatsen kan belemmeren.
- Daarnaast is er plaatselijk sprake van een rijke toplaag door het (voormalig) agrarische gebruik van de percelen en/of door de lokaal kleiige bodem. Het verschralingsbeheer dat de afgelopen jaren is uitgevoerd heeft daar nog geen grote veranderingen in gebracht.
- De oorspronkelijke, geomorfologische structuur van het landschap is (deels) verdwenen.
- Ten slotte is er sprake van verdrogingsproblematiek, wordt er geen optimaal gebruik gemaakt van eventueel aanwezige kwelstromen in het gebied, en is er mogelijk sprake van slechte oppervlaktewaterkwaliteit.

Om de natuurpotenties van de percelen te kunnen inschatten en vast te stellen welke inrichtingsmaatregelen nodig zijn, voert Witteveen+Bos momenteel een Landschapsecologische Systeemanalyse (LESA) uit. De LESA bouwt voort op eerder uitgevoerd onderzoek:

- Vooronderzoek bodem De Oeverlanden Fase 1 (Tauw). Doel van deze bureaustudie was het verkrijgen van een eerste inzicht in de bodemkenmerken, bodemkwaliteit en het hydrologische ecosysteem, en de mogelijkheden tot het ontwikkelen van passende vegetatietypes van de diverse percelen. Aan de hand van de resultaten is o.a. een voorstel gedaan voor een uit te voeren bodemonderzoek.
- Bodemonderzoek De Oeverlanden Fase 2 (Tauw). Doel van het onderzoek was het verkrijgen van een nader inzicht in de bodemkenmerken, bodemkwaliteit en het ecohydrologische systeem. Per perceel zijn één of meerdere boringen verricht, waarbij (i) de bodemopbouw is beschreven, inclusief schatting van de GLG en GHG; (ii) de pH en kalkgehalte van de bodem zijn bepaald; (iii) de huidige grondwaterstand is geschat; en (iv) de pH en de EC van het grondwater zijn gemeten. Hiernaast is van een zestal watergangen informatie verkregen wat betreft het waterpeil ten opzichte van het maaiveld, de diepte van de sloot ten opzichte van het maaiveld en de helling van het talud van de watergang. Ook zijn de pH en de EC van deze watergangen gemeten.

Voor het uitvoeren van de LESA is onder andere inzicht in de biochemie nodig. Hiervoor is het nodig dat er bodemmonsters worden genomen en geanalyseerd op voedselrijkdom.

60240 0029

Doelstelling

Doel van deze studie is om op basis van het uitgevoerde bodemonderzoek op percelen in het gebied Randmeer Oeverlanden vast te stellen welke potenties er zijn voor natuurontwikkeling en om na te gaan welke inrichtingsmaatregelen nodig en mogelijk zijn om de gewenste natuurontwikkeling te realiseren. Mogelijke inrichtingsmaatregelen zijn (in combinatie) afgraven/afplaggen, open maken van de graszode, verschralen en uitmijnen. In het onderzoeksgebied wordt volgens het document 'Bijlage II presentatie bemonsteringsplan' de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland (N12.02) en dotterbloemhooiland/vochtig hooiland (N10.02) beoogd, maar aan NMI is gevraagd om een iets bredere verkenning uit te voeren door o.a. na te gaan wat de haalbaarheid van nat schraalland (N10.01) is.

2 Methodiek

2.1 Veldwerk

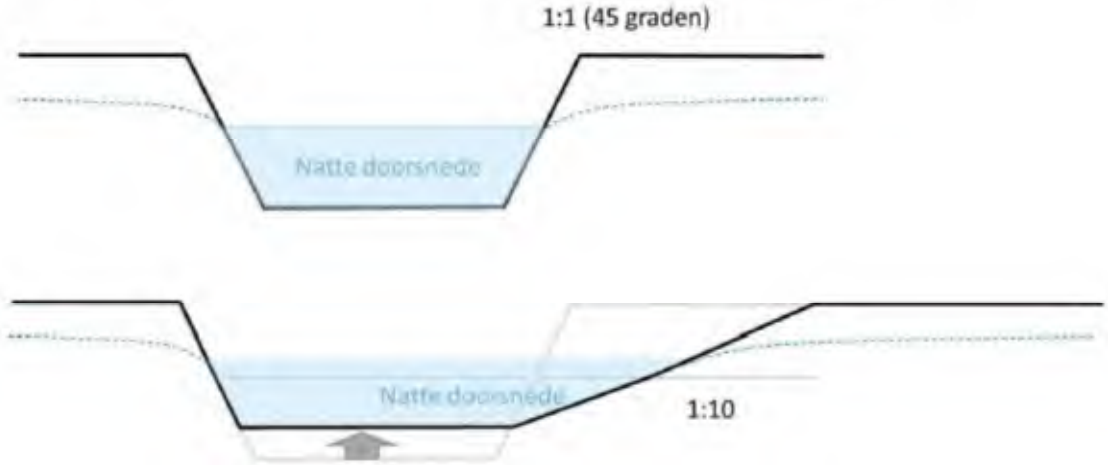
Boorplan

Staatsbosbeheer en Witteveen+Bos hebben in het kader van de LESA een selectie gemaakt van 30 monsterpunten waar inzicht in de biochemie gewenst is. De locatie van de monsterpunten is in Figuur 2.1 weergegeven, gezamenlijk met een korte omschrijving van beoogde maatregelen en potenties voor natuurontwikkeling. Over het algemeen wordt er in het gebied gedacht aan de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland (N12.02) met mogelijke ontwikkeling van schralere, nattere vegetaties (zoals vochtig hooiland (N10.02) en dotterbloemhooiland (N10.02/N10.01)) op nattere, lager gelegen delen. Tussen de percelen en het Veluwemeer wordt over het algemeen rietmoeras ontwikkeld (N05.04). De perceelnummering, inclusief de nummering van de boorlocaties per perceel, zijn in Bijlage II per deelgebied weergeven.

Figuur 2.1 Boorplan inclusief een korte beschrijving van de beoogde natuurontwikkeling

60240 0029

Op verschillende delen van het onderzoeksgebied worden de mogelijkheden verkend om het profiel van watergangen aan te passen door verondiepen van de beek en het aanpassen van het talud. Specifiek wordt er over gedacht om door middel van het afplaggen van de bovengrond oevers te verbreden, waarbij er een flauw talud ontstaat met een gradiënt in vochttoestand (Figuur 2.2).



Figuur 2.2 Illustratie van de beoogde aanpassing van het oeverprofiel

De boorpunten in het boorplan zijn vaak gesitueerd op specifieke delen van het perceel, bijvoorbeeld nattere lager gelegen delen met een ander beheer of vlak naast een beek (Figuur 2.3). Resultaten van de bodemanalyses zijn representatief voor dit specifieke deel van het perceel, en niet representatief voor het gehele perceel.

Figuur 2.3 Voorbeeld van een boorpunt die vlak naast de beek is gesitueerd

Bemonstering van de bodem

Op 20 en 24 t/m 26 april 2023 is per monsternamelocatie de bodem op drie diepten bemonsterd. Op 20 locaties is de bodem tot 30cm bemonsterd (0-10, 10-20 en 20-30cm -mv). Op 10 locaties (bij deelgebied Andhuizerbeek op de boorpunten naast de Andhuizerbeek) is de bodem als uitgangspunt tot 60cm bemonsterd. In het geval dat er een duidelijke textuurovergang was op 50cm -mv is de diepste bodemlaag aangepast naar 30-50cm -mv (het geval bij 2 van de 10 boorpunten). De monsters zijn als mengmonsters genomen, waarbij circa 15 steken in een straal van 5 meter rond het monsterpunt zijn verzameld.

Op 23 juni 2023 is op twee monsternamelocaties het freatisch grondwater bemonsterd (Figuur 2.1). Voor het bemonsteren van het grondwater is een peilbuis onder de freatische grondwaterstand geplaatst. Het grondwater is bemonsterd na het voorpompen tot een constante troebelheid van het grondwater.

2.2 Bodemanalyses en het gedrag van fosfaat in de bodem

Bodemanalyses

In de grondmonsters zijn de algemene bodemkenmerken organische stofgehalte, textuur (zand-, silt-, kleifractie), klei-humuscomplex (CEC) en de stikstofrijkdom van organische stof (C/N verhouding) bepaald. Daarnaast zijn analyses uitgevoerd om inzicht te krijgen in de directe beschikbaarheid en beschikbare reserves van de nutriënten stikstof, fosfaat, kalium, zwavel, calcium en magnesium. Ook zijn de zuurgraad, en de buffering door kalk en de basensamenstelling van het klei-humuscomplex gemeten.

Voor fosfaat zijn de volgende fosfaatfracties bepaald:

- Een maat voor de directe fosfaatbeschikbaarheid (P geëxtraheerd met 0,01 M CaCl2);
- Een maat voor de potentieel snel beschikbare P-reserves, ofwel P-AL (P geëxtraheerd met ammoniumlactaat azijnzuur met pH 3,75);
- Een maat voor totaal beschikbaar P ofwel P-oxalaat (P geëxtraheerd met ammoniumoxalaat-oxaalzuurextract);
- Een maat voor P-totaal (P-totaal met XRF); en
- Een maat voor de totale P-bindingscapaciteit (Qmax) in de vorm van ijzer en aluminium (hydr)oxiden (Fe-ox + Al-ox; Fe en Al geëxtraheerd met ammoniumoxalaat-oxaalzuurextract);
- De fosfaatverzadigingsgraad (FVG). De FVG is het percentage van de totale P-bindingscapaciteit dat ook daadwerkelijk is bezet met fosfaat. De FVG wordt berekend op basis van de procentuele verhouding tussen P-ox en ½ keer de som van Fe-ox + Al-ox.

Voor de relatie tussen deze verschillende fracties en de fosfaatdynamiek in de bodem wordt verwezen naar het kader over fosfaat in de bodem (volgende sectie). De gemeten fosfaatfracties leveren de elementen aan waarmee de beschikbaarheid van fosfaat in de bodem op korte en langere termijn goed kunnen worden beschreven en waarmee een inschatting kan worden gemaakt van de tijd die nodig is om door middel van verschralen of uitmijnen de fosfaattoestand te verlagen.

Het grondwater is onder andere geanalyseerd op de zuurgraad (pH), conductiviteit (EC), basische kationen en carbonaat (Ca, Mg, K, Na, HCO_3), chloride (Cl), zwavel (S), stikstofverbindingen (NH_4, NO_3) en fosfor (P-totaal).

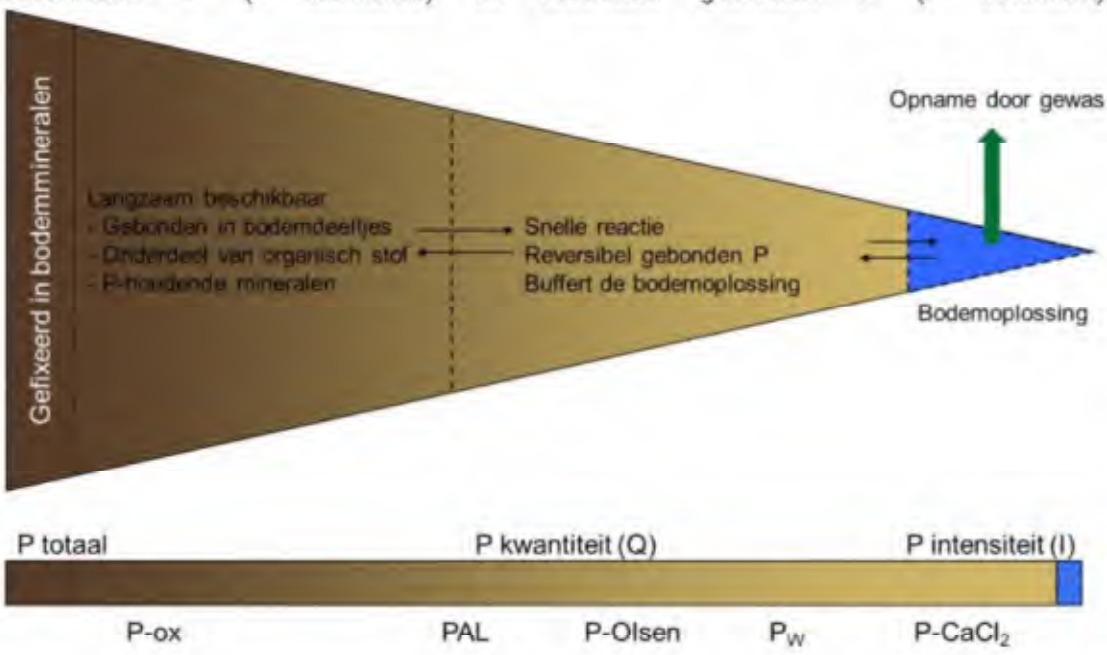
Het gedrag van fosfaat in de bodem

Fosfaat zit in meerdere vormen in de bodem, namelijk van sterk gebonden (lage beschikbaarheid) tot niet gebonden (in oplossing, hoge beschikbaarheid). Om grip te krijgen op de verschillende vormen van fosfaat wordt onderscheid gemaakt tussen drie groepen:

- Direct beschikbaar fosfaat (rechterkant van de driehoek in Figuur 2.4). Dit betreft fosfaat wat in de bodemoplossing aanwezig is en daarom direct door een plant kan worden opgenomen. Deze vorm van fosfaat wordt gemeten met een calcium chloride extractie (P-CaCl2) en wordt ook wel P-intensiteit genoemd.
- Reversibel gebonden P (midden van de driehoek in Figuur 2.4). Deze vorm van P is gebonden aan het oppervlak van bodemdeeltjes maar kan ook snel weer in een beschikbare vorm vrijkomen. Dit is relevant voor het aanvullen van het direct beschikbaar fosfaat (P-CaCl2)

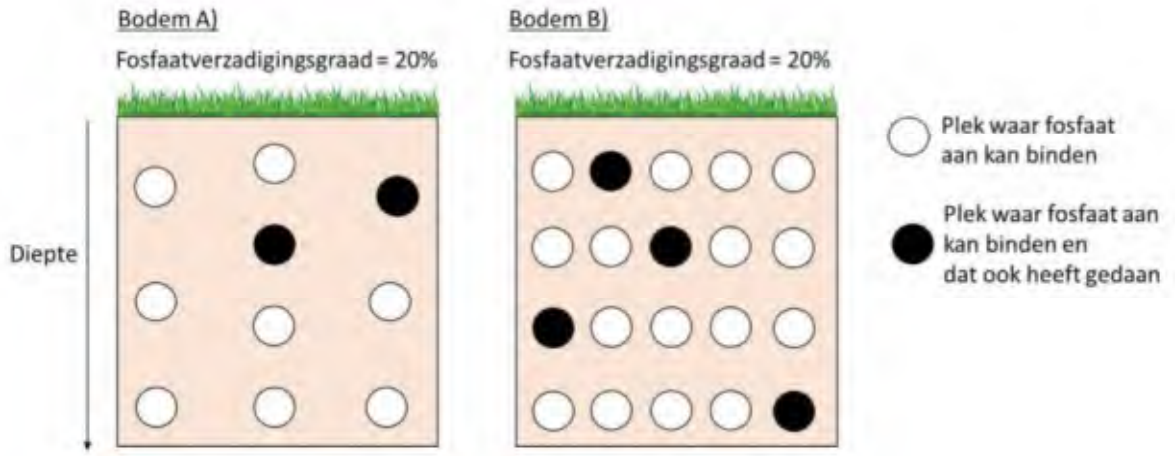
wanneer dit door een plant wordt onttrokken. Deze vorm van P wordt gemeten met een ammoniumlactaat-azijnzuur extractie (P-AL) en wordt ook wel P-kwantiteit genoemd. Verschillende methodes kunnen worden gebruikt om de P-kwantiteit te meten, elk met zijn eigen (analytische) voor- en nadelen.

- Sterk gebonden fosfaat dat slechts langzaam beschikbaar kan komen (linkerkant van de driehoek in Figuur 2.4). Deze vorm van fosfaat maakt deel uit van bodemdeeltjes of is daar sterk aan gebonden. Deze vorm van fosfaat wordt gemeten met een oxalaat extractie (P-ox) en is een indicator voor totaal anorganisch P. Deze vorm van fosfaat is in chemisch evenwicht met direct beschikbaar P (P intensiteit) en reversibel gebonden P (P kwantiteit).



Figuur 2.4 Schematische weergave van fosfaat in de bodem en de veel gebruikte meetmethodes om de beschikbaarheid te duiden.

De verhouding tussen sterk gebonden fosfaat (P_{OX}), reversibel gebonden fosfaat (P_{AL}) en direct beschikbaar fosfaat (P_{CaCl2}) is sterk afhankelijk van (i) de totale hoeveelheid anorganisch P in de bodem (P_{OX}) het maximaal vermogen van een bodem om P te binden. In Nederlandse bodems wordt de maximale P bindingscapaciteit bepaald door de hoeveelheid amorfe ijzer- en aluminium(hydr)oxiden in de bodem. Bij hoge gehalten aan ijzer en aluminium (hoge bindingscapaciteit) kan de totale voorraad van P in de bodem erg hoog zijn terwijl de directe P beschikbaarheid voor de plant laag is (P is sterk gebonden). Bij lage gehalten aan ijzer en aluminium (lage bindingscapaciteit) kan de bodem nauwelijks P binden. Hierdoor kan een kleine totale hoeveelheid P in de bodem al leiden tot een hoge directe P beschikbaarheid. Dit in Figuur 2.5 gevisualiseerd voor twee bodems waarvan de maximale fosfaat bindingscapaciteit hoger is in bodem B dan in bodem A. De witte bolletjes zijn de lege bindingsplaatsen waar fosfaat nog aan kan binden en de zwarte bolletjes zijn de bindingsplaatsen waar P wel aan is gebonden. In bodems wordt de directe P beschikbaarheid (P aanwezig in bodemoplossing) bepaald door de mate waarin de bindingscapaciteit is opgeladen met fosfaat (fosfaatverzadigingsgraad). In het voorbeeld in Figuur 2.5 is de directe fosfaat beschikbaarheid gelijk (fosfaatverzadigingsgraad van 20%), maar door de twee keer zo hoge bindingscapaciteit in bodem B dan in bodem A (hogere gehalten aan ijzer en aluminium) zijn de fosfaatreserves ook twee keer zo hoog in bodem B dan in bodem A.

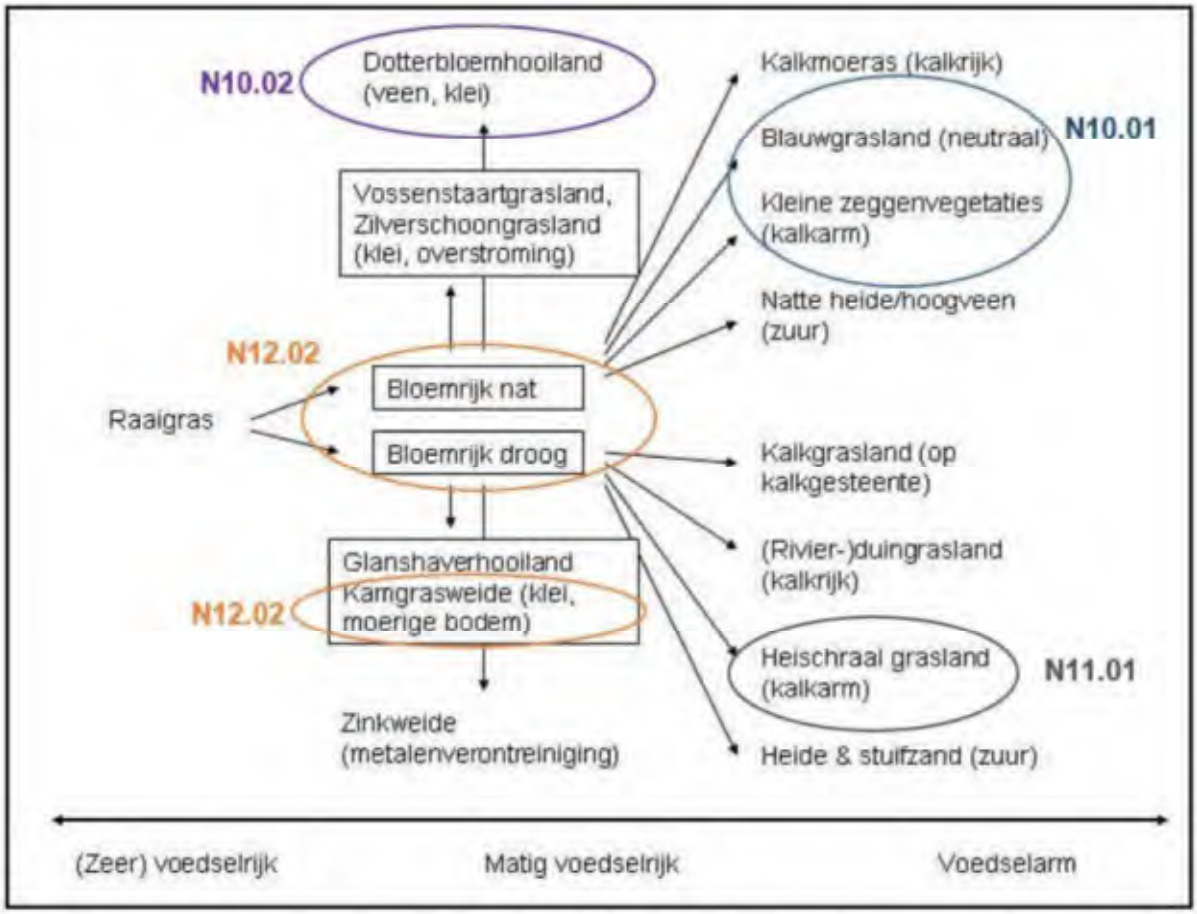


Figuur 2.5: Illustratie van twee bodems met een gelijke fosfaatverzadigingsgraad (en directe P beschikbaarheid), maar met een verschillende maximale fosfaat bindingscapaciteit

2.3 Referentiewaardes fosfaattoestand natuurontwikkeling

Om een inschatting te geven of de uitgangssituatie wat betreft de fosfaattoestand gunstig dan wel ongunstig is voor de ontwikkeling van gewenste beheer- en habitattypen wordt gebruik gemaakt van referentiewaarden. Verschillende onderzoeksbureaus en instellingen gebruiken verschillende methodes om de fosfaattoestand te karakteriseren. De schraalheid van een bodem is voor P niet direct gerelateerd aan de totale P reserves in de bodem (zoals bv gemeten met P-ox). Een maat voor de beschikbaarheid van deze P-reserves is een veel realistischer en nauwkeuriger indicator voor de potentie voor de ontwikkeling van natuur- en vegetatietypen. NMI gebruikt vooral P-AL en de FVG als indicatoren voor de P beschikbaarheid. Voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond zijn streefwaarden afgeleid voor P-AL en de FVG voor situaties waarbij wordt gestuurd op P-limitatie. De streefwaarden zijn gebaseerd op voorgaand onderzoek door meerdere onderzoeksinstellingen, zoals Wageningen Universiteit & Research, NMI en LBI (o.a. Timmermans & van Eekeren, 2016; van Delft, 2013; van Rotterdam et al., 2021). P-AL en FVG zijn binnen een gebied vaak aan elkaar gerelateerd. Omdat P-AL en FVG vaak één op één aan elkaar zijn gerelateerd zijn de berekende grenswaardes voor P-AL (vrijwel) gelijk aan de grenswaardes voor de FVG.

De ontwikkeling van natuur kan worden gevisualiseerd door een verschuiving van raaigras links in Figuur 2.6 naar de b.v. natuurtypes matig voedselrijk (N10.02 en N12.02) en voedselarme vegetatietypen (N10.01 en N11.01) rechts in dezelfde figuur. In meer detail, vindt dus wat betreft eisen aan de voedselrijkdom een verschuiving plaats van (zeer) voedselrijke graslanden (raaigras) naar kruiden- en faunarijke grasland (N12.02) en vochtig hooiland / dotterbloemhooiland (N10.02) en naar nat schraalland (N10.01) en heischrale vegetaties (11.01).



Figuur 2.6 Schema van de belangrijkste Nederlandse graslandtypen, de positie in het schema verwijst naar de meest karakteristieke standplaatseigenschappen. De zwart omkaderde typen worden hier tot het bloemrijke grasland gerekend (http://www.natuurkennis.nl).

Op basis van een compilatie van eerder onderzoek naar de fosfaattoestand in relatie tot vegetatietypen kan gesteld kan worden dat bij een FVG kleiner dan 12% en P-AL kleiner dan 10 mg P_2O_5 $100g^{-1}$ de fosfaattoestand van de bodem als optimaal kan worden gedefinieerd voor de ontwikkeling van voedselarme vegetaties (van Rotterdam et al., 2021; Van Delft et al., 2013; Kemmers et al., 2005). Uit een onderzoek naar de haalbaarheid van natuurdoelen op P-verrijkte gronden blijkt dat voor schrale, laagproductieve vegetaties een FVG van kleiner dan 18% nodig is (Kemmers et al., 2005; Van Delft et al., 2006). Bij een FVG kleiner dan 18% neemt ook de directe P beschikbaarheid sterk af. Voor de potentiële ontwikkeling van voedselarme vegetaties wordt daarom een FVG van 18% als bovengrens gehanteerd. Tegelijk is dit ook de grens voor de optimale fosfaattoestand voor matig voedselrijke vegetaties. Naast deze optimale referentiewaarde wordt voor matig voedselrijke vegetaties een range aan referentiewaardes gevonden waarvan enkele zelfs erg hoog zijn (FVG voor Dotterbloemhooiland tussen 26% (optimaal) en 42% (suboptimaal); kamgrasweide 42 -54%; Glanshaver-associatie 53-72%, Van Delft et al., 2014). Hoewel aan de ene kant de referentiewaardes als onrealistisch hoog worden ervaren geeft dit ook aan dat er een behoorlijke bandbreedte is in de fosfaattoestand waar matig voedselrijke vegetaties zich in potentie nog kunnen ontwikkelen. Referentiewaardes geven duidelijk een richtlijn en geen harde grens.

In Figuur 3 2 staat dotterbloemhooiland onder de noemer matig voedselrijk. De ideale omstandigheden voor dotterbloemhooiland zijn echter zwak eutroof wat het midden houdt tussen voedselarm en matig voedselrijk (Bal et al., 2001). In combinatie met andere typerende vegetatietypes wordt dotterbloem-hooiland in beekdalen en boezemlanden ook tot nat schraalland gerekend

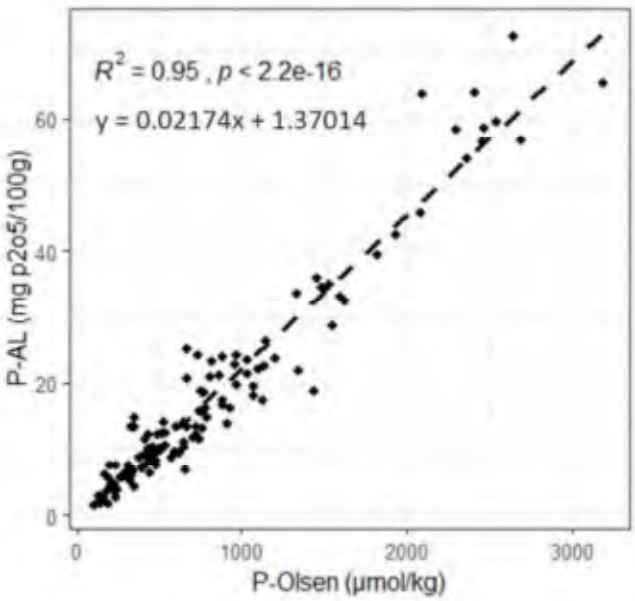
60240 0029

(portaalnatuurenlandschap.nl). Omdat van Delft et al., (2014) vrij hoge referentiewaardes vonden voor dotterbloemhooiland (FVG optimaal bij 26%) wordt in dit rapport de ontwikkeling van dotterbloemhooiland mogelijk geacht binnen de randvoorwaarden voor matig voedselrijke vegetaties. Uitgangspunt is dat bij een FVG en/of P-AL tussen 10 en 18 de uitgangssituatie optimaal is voor matig voedselrijke vegetaties. Bij een FVG en/of P-AL tussen 18 en 26 is de uitgangssituatie suboptimaal voor matig voedselrijke vegetaties en kan worden ingezet op een verschralingsbeheer om in het optimale traject terecht te komen. Bij een FVG en/of P-AL groter dan 26 is de uitgangssituatie niet optimaal en is het raadzaam om gerichte maatregelen te nemen om de fosfaattoestand te verlagen, waarbij met name moet worden gedacht aan uitmijnen. Boven FVG en/of P-AL van 40 is de uitgangssituatie niet geschikt voor de potentiële ontwikkeling van matig voedselrijke vegetaties en is ook de verwachting dat maatregelen als verschralen en uitmijnen niet effectief genoeg zijn om de P-toestand te verlagen. In situaties met een zo hoge P-toestand kan worden afgegraven of geplagd, als de P-toestand in de daaronder liggende bodemlagen wel voldoende laag is. Deze bovengrens voor matig voedselrijke vegetaties is onder andere gebaseerd op de landbouwkundige adviezen voor bemesting. Het landbouwkundig streeftraject voor hoog productief grasland is tussen P-AL 27 en 39 mg P_2O_5 $100g^{-1}$. De getalsmatige bovengrens van P-AL (in mg P_2O_5 $100g^{-1}$) wordt ook aangehouden als de bovengrens voor de FVG (in %) voor de ontwikkeling van natuur op voormalige landbouwgronden. De twee indicatoren worden op heel verschillende wijze bepaald (P-AL wordt gemeten, FVG wordt berekend uit een aantal metingen) en de eenheden zijn eveneens verschillend, maar de streefwaarden liggen getalsmatig toevallig in dezelfde range. Bovenstaande is samengevat in Tabel 2-1.

Tabel 2-1 Referentiewaarden voor de fosfaattoestand gekarakteriseerd door middel van de FosfaatVerzadigingsGraad FVG (%) en P-AL (mg P_2O_5 $100g^{-1}$). De referentiewaarden zijn de bovengrenzen van het optimale en suboptimale bereik voor voedselarme en matig voedselrijke vegetatietypen

P-AL	FVG zand	FVG veen	Classificering fosfaattoestand van de bodem voor potentiële natuurontwikkeling	Fosfaatklasse
<10	<12	<10	Optimaal voedselarm	A
10–18	12-18	10-15	Optimaal matig voedselrijk	B
18–26	18-26	15-23	Suboptimaal matig voedselrijk	C
26–40	26-40	23-36	Niet optimaal matig voedselrijk, actie om fosfaattoestand te verlagen is nodig	D
>=40	>=40	>=36	Niet geschikt	E

Onlangs is er een handreiking voor de omvorming van voormalige landbouwgronden naar schrale natuur uitgebracht (VBNE, 2023). In deze handreiking worden voor dotterbloemhooilanden ook streefwaarden van 309-689 µmol kg^{-1}gegeven voor P gemeten in een bicarbonaat extractie (P-Olsen). De P-Olsen streefwaarden kunnen worden vergeleken met de streefwaarden voor P-AL door gebruik te maken van een relatie tussen P-AL en P-Olsen als gevonden in meerdere lange termijn-experimenten in Europese bemestingsproeven op klei en zand (Nawara, et al., 2017). De relatie tussen P-AL en P-Olsen is sterk (R^2 = 0.95, Figuur 2.7) omdat beide methoden een maat zijn voor reversibel gebonden fosfaat wat de P-concentratie in oplossing buffert (P kwantiteitsmethoden, Figuur 2.4). Wanneer de streefwaarden voor P-Olsen voor dotterbloemhooiland worden omgerekend naar P-AL komen streefwaarden voor P-AL overeen met 8-16 mg P_2O_5 $100g^{-1}$. Dit komt globaal overeen met de gehanteerde streefwaarde voor optimale omstandigheden voor de potentiële ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie (P-AL van 10-18 mg P_2O_5 $100g^{-1}$, Tabel 2-1).



Figuur 2.7 Relatie tussen P-Olsen en P-AL, als geobserveerde in Europese lange termijnproeven op zand en kleigronden (Nawara, et al., 2017).

2.4 Referentiewaardes pH en hydrologie

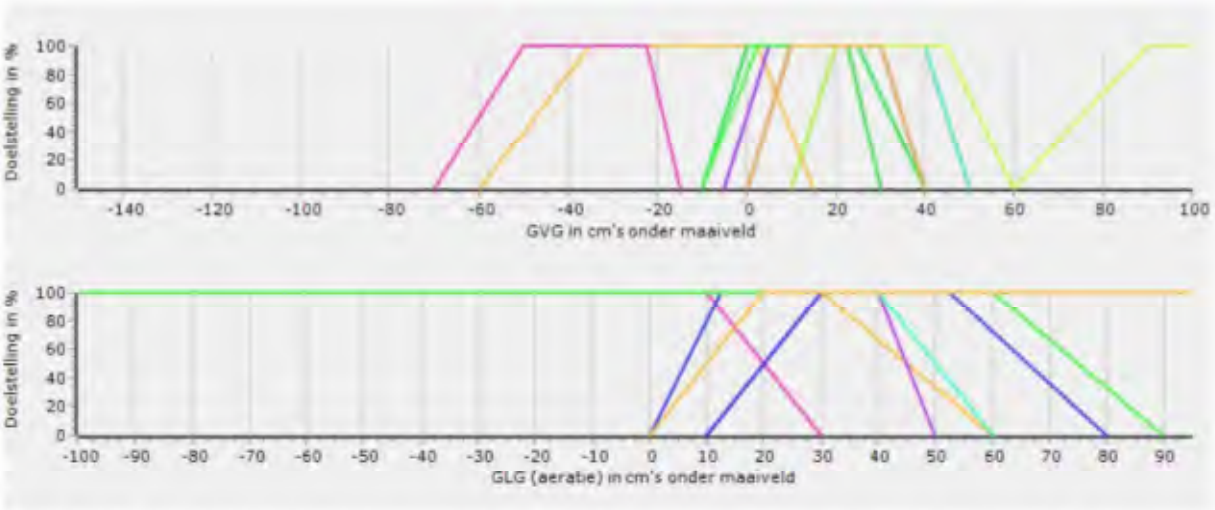
Naast voedselrijkdom zijn ook de pH en hydrologie bepalend voor de potentie om bepaalde natuurtypen te ontwikkelen.

Voor vochtig hooiland is de optimale pH hoger dan pH-H_2O 5,5 en suboptimaal hoger dan 5,0 (Bij12.nl). Aangezien de pH-$CaCl_2$ doorgaans ca. 0,5-eenheid lager ligt dan pH-H_2O, betekent dat dat de pH-$CaCl_2$ bij voorkeur hoger is dan 5,0 en in ieder geval hoger dan 4,5.

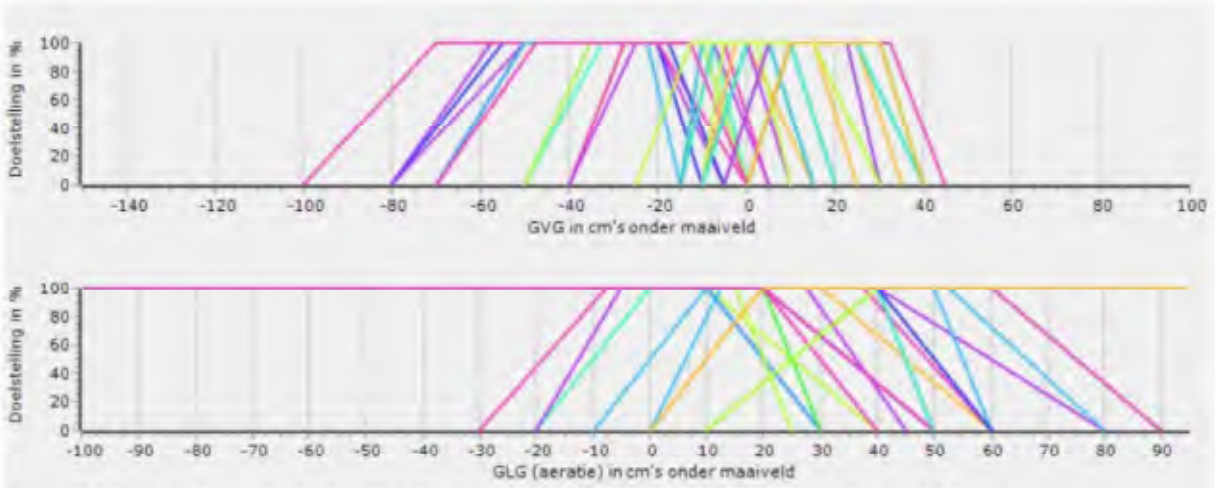
Voor nat schraalland ligt de optimale pH hoger dan pH-H_2O 5,0, wat overeen komt met pH-$CaCl_2$ 4,5 (Bij12.nl).

Gezien de beoogde natuurontwikkeling van vochtig hooiland en nat schraalland zijn hieronder de streefwaarden voor de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) voor verschillende plantengemeenschappen binnen vochtig hooiland (N10.02, Figuur 2.8) en nat schraalland (N10.01, Figuur 2.9) weergeven, waarbij elke kleur refereert naar een plantengemeenschap. Door Bij12.nl is de optimale range voor de GVG voor vochtig hooiland bepaald op 5-50 cm-mv (suboptimaal van -10-70 cm-mv) en voor nat schraalland op -5-20 cm-mv (-10-30 cm-mv).

60240 0029



Figuur 2.8 Doelstellingen in de Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG) en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (voor verschillende plantengemeenschappen binnen het beheertype vochtig hooiland (N10.02). Bron: Waternood terrestrisch versie 3.0.4



Figuur 2.9 Doelstellingen in de Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG) en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (voor verschillende plantengemeenschappen binnen het beheertype Nat Schraalland (N10.01). Bron: Waternood terrestrisch versie 3.0.4

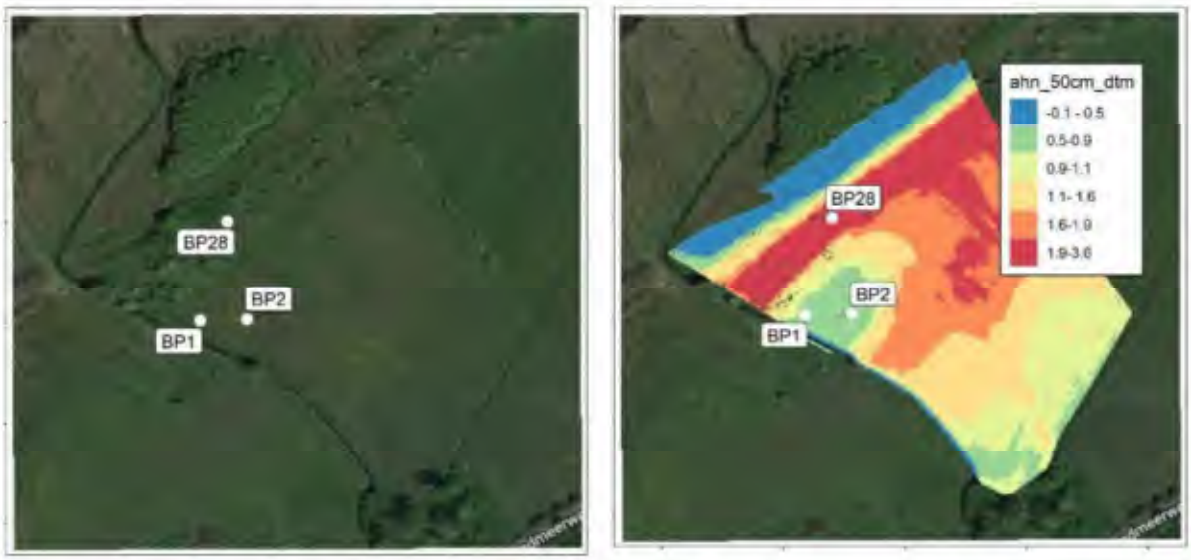
3 Resultaten

In dit hoofdstuk zijn de resultaten per deelgebied en perceel besproken. Dezelfde perceel nummering van voormalig uitgevoerd onderzoek (Bodemonderzoek De Oeverlanden Fase 2) is aangehouden om resultaten van onderzoeken gemakkelijker te kunnen vergelijken.

3.1 Bovenbeek-Nodbeek

3.1.1 Perceel 35

Op dit perceel zijn twee boringen gezet op een lager gelegen deel van het perceel (BP1 en BP2) en is een referentieboring gezet op een intacte strandwal (BP28) (Figuur 3.1).



Figuur 3.1 Locaties van de boorpunten op perceel 35 op een luchtfoto (links) en luchtfoto + hoogtekaart (rechts)

Op het lager gelegen deel van perceel 35 tussen de strandwal en de weg (BP1 en BP2) bestaat de bovengrond (bovenste 34-40cm) uit lichte tot zware klei (Tabel S3-1). De bovengrond is gelegen op een 10-20cm dikke laag van kleiig veen. De fosfaattoestand van de bovengrond (0-20cm) is suboptimaal voor de potentiële ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie (Tabel 3-1). In de bovengrond varieert reversibel gebonden fosfaat (P-AL) van 19.7-24 mg P_2O_5 en de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) van 18.5-22%. In de bodemlaag hieronder is de fosfaattoestand laag. Voor de ontwikkeling van kruiden -en faunarijk grasland (N12.02) liggen de actuele waarden in het streeftraject (P-AL en FVG 18-26) en zijn geen maatregelen nodig om de fosfaattoestand te verlagen. Voor de ontwikkeling van dotterbloemhooiland is de fosfaattoestand aan de hoge kant, aangezien het streeftraject daarvoor ligt tussen P-AL-waarden van 10 en 18 mg P_2O_5/100g en FVG-waarden van 12 en 18% . Als de ontwikkeling

60240 0029

van deze vegetatie wordt beoogd is het aan te bevelen om de fosfaattoestand te verlagen, door verschralen, uitmijnen of afgraven van de bovenste 20cm van de bodem (als hydrologie dit toelaat), aangezien de fosfaattoestand in de daaronder liggende laag in het streeftraject voor dotterbloemhooiland ligt.

De strandwal (locatie BP28) bestaat uit zeer grof zand (bovenste 60cm -mv) op kleiig zand (60-73cm -mv). In de zandlaag zijn zeer lage gehalten aan ijzer -en aluminium(hydr)oxiden aanwezig, waardoor het maximaal vermogen van de bodem om fosfaat te binden (maximale P adsorptiecapaciteit, PSC) zeer laag is (<15 mmol kg^{-1}). Hierdoor is er zeer weinig totaal fosfaat in de bodem aanwezig. Dit is terug te zien aan de lage P-AL gehalten (3.4 mg P_2O_5 in de bovenste 10cm van de bodem). De fosfaattoestand is optimaal voor de ontwikkeling van een voedselarme vegetatie, zoals droog schraalland (N10.01). Er zijn geen maatregelen nodig om de fosfaattoestand te verlagen.

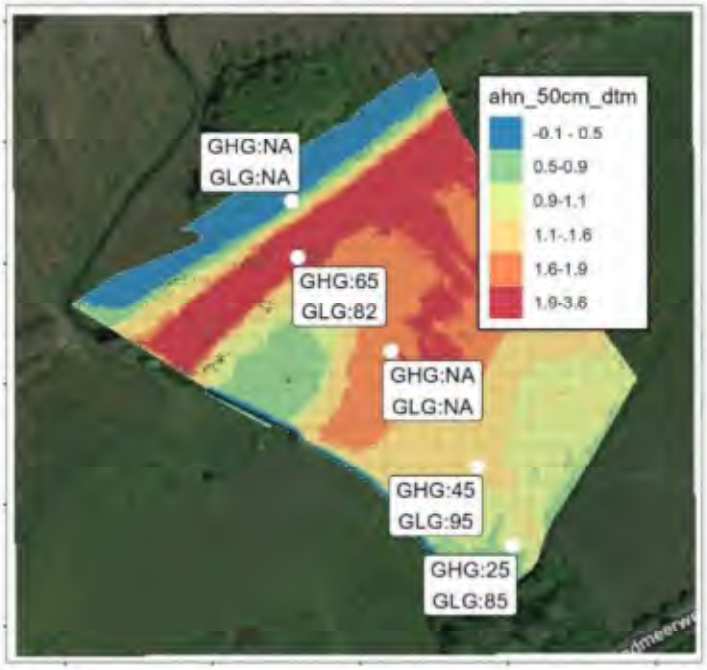
Tabel 3-1 Organische stof (OS), kleigehalte en zuurgraad (pH) van de bemonsterde bodemlagen op perceel 35, samen met de fosfaatklassegekarakteriseerd met de maximale adsorptiecapaciteit (P sorption capacity, PSC), de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG), reversibel gebonden, snel beschikbaar P (P-AL) en de direct beschikbare P reserves (P-$CaCl_2$). Lichtgroen (fosfaatklasse A) = optimaal voor de ontwikkeling van voedselarme vegetatie. Donkergroen (fosfaatklasse B) = optimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie. Geel (fosfaatklasse C) = suboptimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie.

Boor-punt	Diepte	OS (%)	Klei (%)	pH	PSC (mmol kg^{-1})	FVG (%)	P-AL (mg P_2O_5 100g^{-1})	P-CaCl2 (mg P kg^{-1})	Fosfaatklasse
BP1	0-10	6	11	4.8	68	18.5	19.7	0.14	C
BP1	10-20	4	12	4.7	58	23.7	16.7	0.08	C
BP1	20-30	4	15	4.8			12.5	0.06	B
BP2	0-10	8	14	4.7	95	22	24	0.18	C
BP2	10-20	6	16	4.7	93	18.1	13.9	0.11	C
BP2	20-30	7	18	4.9	-	-	7.5	0.07	A
BP28	0-10	4	4	3.9	12*	25.2	3.4	0.1	A*
BP28	10-20	2	2	4.1	8*	23.1	1.7	0.04	A*
BP28	20-30	1	4	4.2	-	-	1.2	0.02	A

*Het maximaal vermogen van de bodem om fosfaat te binden (PSC) is erg laag (<15 mmol kg^{-1}). Hierdoor kan de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG) de fosfaatbeschikbaarheid overschatten. De fosfaatklasse is daarom gebaseerd op P-AL.

Schattingen van de GHG en GLG aan de hand van het bodemprofiel zijn in Figuur 3.2 weergeven. Op twee van de vijf locaties konden de GLG en GHG niet aan de hand van het bodemprofiel worden geschat. Geobserveerde grondwaterstanden varieerden van 25-65cm -mv (GHG) en 82-95cm -mv (GLG). Vooral voor de hooggelegen strandwal lijkt dit onwaarschijnlijk, aangezien we aannemen dat de grondwaterstand daar (aanmerkelijk) lager ligt. De gerapporteerde grondwaterstanden zijn volgens de streefwaarden aan de lage kant voor de ontwikkeling van vochtig hooiland/dotterbloemhooiland (Figuur 2.8). Mocht de ontwikkeling van vochtig hooiland/dotterbloem hooiland worden beoogd, wordt aanbevolen om de voedselrijkere toplaag (bovenste 20cm) af te graven, zodat tevens sprake is van vernatting.

60240 0029

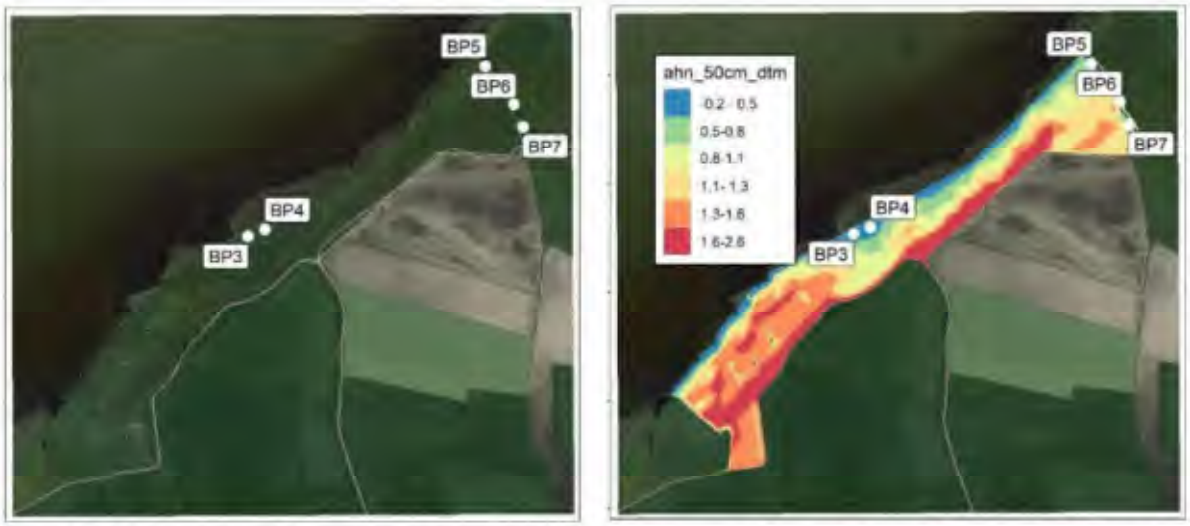


Figuur 3.2 Geschatte Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) Laagste Grondwaterstand (GLG) aan de hand van het bodemprofiel (in cm -mv) op de AHN hoogtekaart voor perceel 35. Een NA betekent dat de GHG en/of GLG niet bepaald kon worden. Resultaten van de GHG en GLG zijn afkomstig van eerder uitgevoerd onderzoek (Bodemonderzoek De Oeverlanden Fase 2, Tauw)

3.2 Wetering-Pangelerbeek

3.2.1 Perceel 3 & rand van Pangelerbeek

Op dit perceel zijn twee boringen gezet op een lager gelegen deel van het perceel (BP3 en BP4) en zijn drie boringen gezet langs de rand van de Pangelerbeek (BP5 t/m BP7) (Figuur 3.3). Hiernaast is het freatisch grondwater op locatie BP3 bemonsterd.



Figuur 3.3 Locaties van de boorpunten op perceel 3 en de rand van de Pangelerbeek op een luchtfoto (links) en luchtfoto + hoogtekaart (rechts)

Op locaties BP3 en BP4 bestaat de bovengrond (bovenste 15-25cm) voornamelijk uit kleiig veen, gelegen op een ondergrond variërend in zand- en kleigehalte (Tabel S3-2). De fosfaattoestand van de

60240 0029

toplaag is geschikt voor de potentiële ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie zoals kruiden- en faunarijk grasland (N12.02). In de toplaag (bovenste 10cm) varieert het reversibel gebonden fosfaatgehalte (P-AL) van 15-23 mg P_2O_5 $100g^{-1}$ en de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) van 20-22%. Voor de ontwikkeling van dotterbloemhooiland is de fosfaattoestand tot een diepte van 10cm (BP3) tot 20cm (BP4) aan de hoge kant. Wanneer de ontwikkeling van dotterbloemhooiland wordt beoogd, wordt aanbevolen om de bovenste 10cm (BP3) en 20cm (BP4) af te graven.

Langs de Pangelerbeek is de fosfaattoestand zeer laag (locaties BP5 t/m BP7). Een geopperde inrichtingsmaatregel is het aanpassen van het beekprofiel (Figuur 2.2). Door de lage geobserveerde fosfaatgehalten in de bodem is de verwachting dat het aanpassen van het beekprofiel leidt tot een fosfaatarme bovengrond die optimaal is voor de ontwikkeling van voedselarme vegetatie. Er zijn geen maatregelen nodig om de fosfaattoestand te verlagen.

Tabel 3-2 Organische stof (OS), kleigehalte en zuurgraad (pH) van de bemonsterde bodemlagen op perceel 3 en de rand van de Pangelerbeek, samen met de fosfaatklasse gekarakteriseerd met de maximale adsorptiecapaciteit (P sorption capacity, PSC), de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG), reversibel gebonden, snel beschikbaar P (P-AL) en de direct beschikbare P reserves (P-$CaCl_2$). Lichtgroen (fosfaatklasse A) = optimaal voor de ontwikkeling van voedselarme vegetatie. Donkergroen (fosfaatklasse B) = optimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie. Geel (fosfaatklasse C) = suboptimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie. Oranje (fosfaatklasse D) = niet optimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie

Boor-punt	Diepte	OS (%)	Klei (%)	pH	PSC (mmol kg^{-1})	FVG (%)	P-AL (mg P_2O_5 $100g^{-1}$)	P-CaCl2 (mg P kg^{-1})	Fosfaat-klasse
BP3	0-10	12	7	6.4	33	20	15.3	0.39	C
BP3	10-20	8	7	6.9	33		17.6	0.11	B
BP3	20-30	4	7	7.1	-	-	19.6	<0.01	C
BP4	0-10	13	5	5.8	51	21.7	22.9	0.14	C
BP4	10-20	5	5	6.3	32	24.1	27.1	0.04	D
BP4	20-30	4	8	6.9			12.9	<0.01	B
BP5	0-10	5	11	6.9	47	9.3	5.7	0.05	A
BP5	10-20	4	13	7	50	8.3	3.9	<0.01	A
BP5	20-30	27	15	6.5	-	-	2.7	<0.01	A
BP6	0-10	6	11	6.7	61	11	6.1	0.04	A
BP6	10-20	3	8	6.7	78	11.8	10.4	<0.01	B
BP6	20-30	2	6	6.6	-	-	2.9	<0.01	A
BP7	0-10	8	19	6.2	74	5.5	3.3	<0.01	A
BP7	10-20	8	25	6.2	64	5	0.4	<0.01	A
BP7	20-30	25	14	6.4	-	-	11.1	0.02	B

Het freatisch grondwater (op locatie BP3) bestaat uit hard uit hard (29.7°D), basisch (pH = 7.8) water. De zuurgraad wordt sterk gebufferd, te zien aan relatief hoge gehalten aan bicarbonaat (HCO_3 = 628 mg l^{-1}). Verder is het water arm aan nutriënten; stikstofverbindingen en fosfaat zijn beneden de

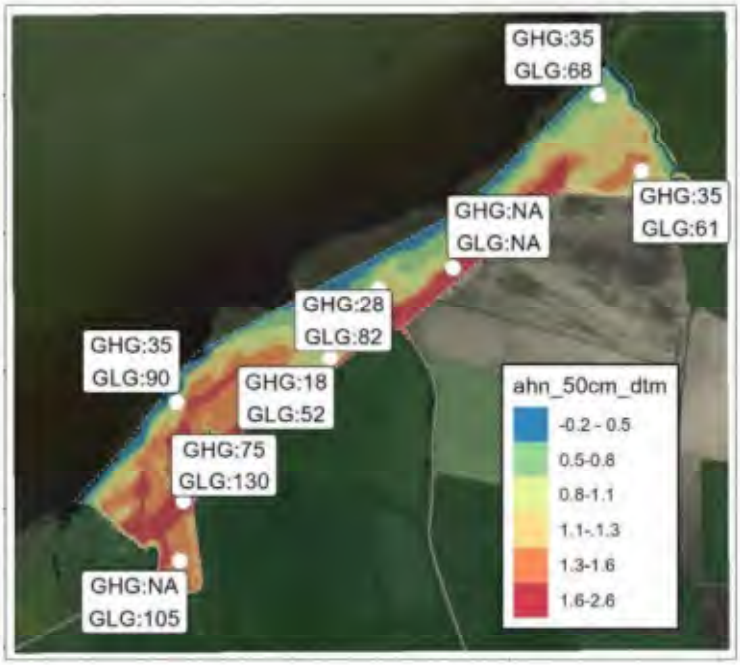
60240 0029

detectielimiet gemeten. De kwaliteit van het grondwater is gunstig voor de ontwikkeling van vegetatietypen die zich optimaal ontwikkelen onder invloed van basenrijk grondwater.

Tabel 3-3 Kwaliteit van het freatisch grondwater op locatie BP3

Parameter	Waarde
Cl (mg l^{-1})	11
pH	7.8
Totale hardheid (°D)	29.7
EC (mS cm^{-1})	1.0
HCO_3 (mg l^{-1})	628
Ca (mg l^{-1})	168
Mg (mg l^{-1})	27
K (mg l^{-1})	7.8
Na (mg l^{-1})	9.2
NH_4 (mg l^{-1})	<1.9
NO_3 (mg l^{-1})	<6.3
P (mg l^{-1})	<1.3
Fe (µg l^{-1})	22
S (mg l^{-1})	<3.3

Schattingen van de GHG en GLG aan de hand van het bodemprofiel zijn in Figuur 3.4 weergeven. Geobserveerde grondwaterstanden varieerden van 18-75cm -mv (GHG) en 61-130cm -mv (GLG). Locaties BP3 en BP4 liggen echter in een lager gelegen deel van het perceel waardoor het grondwater hier hoger staat. Bij de bemonstering van de bodem is waargenomen dat de gereduceerde bodemlaag begint op een diepte van 35cm -mv (BP3) en 45cm -mv (BP4), wat indicatief is voor de locatie van de GLG. Aangezien dat voldoende vochtig is voor vochtig hooiland, is afgraven hier niet nodig. Op de wat hoger gelegen gedeeltes langs de Pangelerbeek (boorpunten 5, 6 en 7), kan worden overwogen af te graven t.b.v. vernatting, maar gezien de voedselarme uitgangssituatie in de bovengrond is het voor de realisatie van vochtig hooiland/dotterbloemhooiland niet nodig om te verschralen.

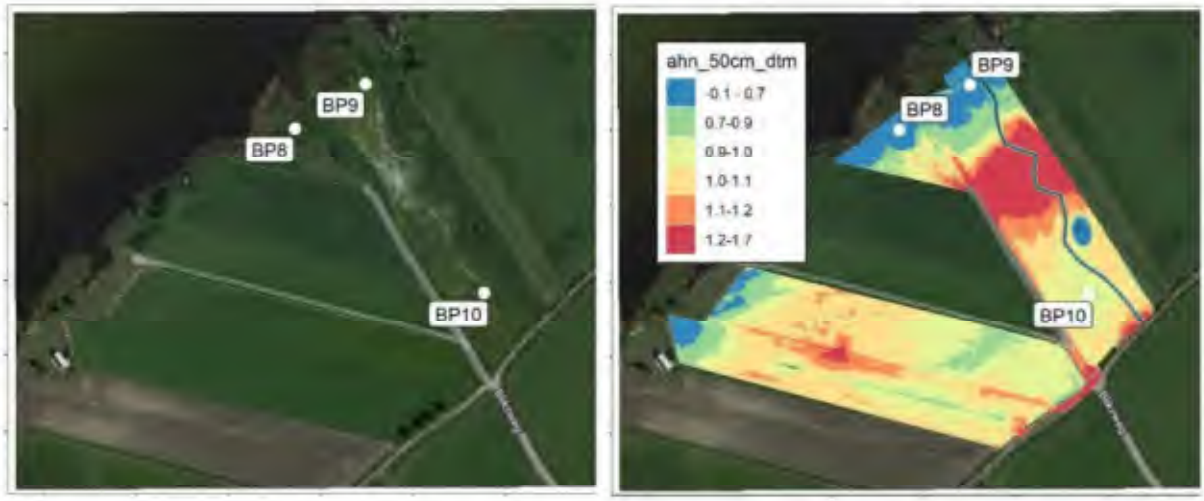


Figuur 3.4 Geschatte Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) Laagste Grondwaterstand (GLG) aan de hand van het bodemprofiel (in cm -mv) op de AHN hoogtekaart voor perceel 3. Een NA betekent dat de GHG en/of GLG niet bepaald kon worden. Resultaten van de GHG en GLG zijn afkomstig van eerder uitgevoerd onderzoek (Bodemonderzoek De Oeverlanden Fase 2, Tauw)

3.3 Andhuizerbeek

3.3.1 Perceel 7

Op dit perceel zijn twee boringen gezet op een lager gelegen deel van het perceel (BP8 en BP9) en is een boring gezet op een gemiddeld hoog deel van het perceel (BP10) (Figuur 3.5). Wel ligt BP10 op een laag gelegen stuk van het zuidoostelijk deel van het perceel.



Figuur 3.5 Locaties van de boorpunten op perceel 7 op een luchtfoto (links) en luchtfoto + hoogtekaart (rechts)

Op het lager gelegen deel in het noordoosten (BP8 en BP9) bestaat de bovengrond (bovenste 10-15cm) uit zavel, en is de bovengrond gelegen op (soms kleiig) zand (Tabel S3-3). In het bodemprofiel zijn bijmengingen met grind waargenomen. Door de aanwezigheid van veel grind kon de diepste bodemlaag op locatie BP8 niet bemonsterd worden (0-30cm). De fosfaattoestand is in de uitgangssituatie optimaal

60240 0029

voor de ontwikkeling van voedselarme of matig voedselrijke vegetatie. Voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland of dotterbloemhooiland zijn geen maatregelen nodig om de fosfaattoestand te verlagen.

Op locatie BP10 bestaat de bovengrond (bovenste 22cm) uit lichte klei, en is de bovengrond gelegen op zware klei (terug te zien aan de kleigehalten, Tabel 3-4). De bovengrond (bovenste 10cm) is voedselrijker dan de bovengrond op locaties BP8 en BP9 (P-AL van 16.2 mg P_2O_5 $100g^{-1}$ op BP10, in vergelijking met een P-AL van 8.2-9.3 in de bovengrond op locaties BP8 en BP9). De fosfaattoestand is hier suboptimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie. Voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland zijn geen maatregelen nodig om de fosfaattoestand te verlagen. Als de ontwikkeling van dotterbloemhooiland beoogd wordt is de kans op de ontwikkeling van deze vegetatie groter wanneer de bovenste 10cm van de bodem wordt afgeplagd.

Tabel 3-4 Organische stof (OS), kleigehalte en zuurgraad (pH) van de bemonsterde bodemlagen op perceel 7, samen met de fosfaatklasse gekarakteriseerd met de maximale adsorptiecapaciteit (P sorption capacity, PSC), de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG), reversibel gebonden, snel beschikbaar P (P-AL) en de direct beschikbare P reserves (P-$CaCl_2$). Lichtgroen (fosfaatklasse A) = optimaal voor de ontwikkeling van voedselarme vegetatie. Donkergroen (fosfaatklasse B) = optimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie. Geel (fosfaatklasse C) = suboptimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie.

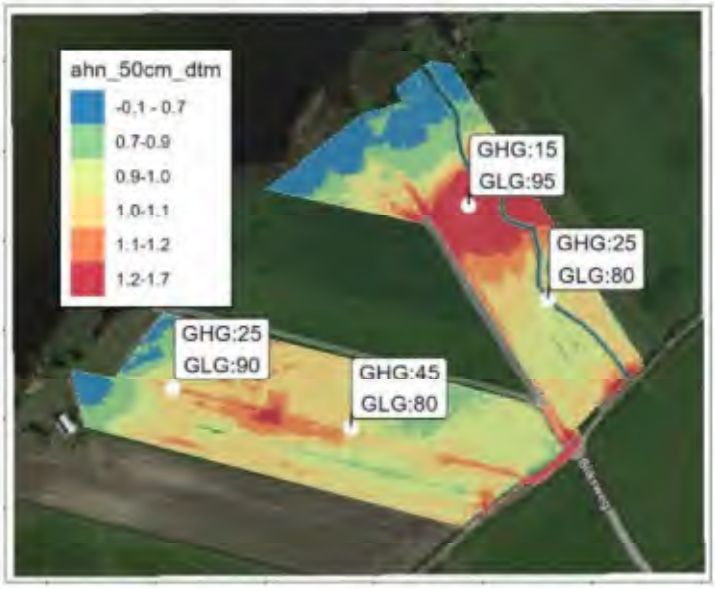
Boor-punt	Diepte	OS (%)	Klei (%)	pH	PSC (mmol kg^{-1})	FVG (%)	P-AL (mg P_2O_5 $100g^{-1}$)	P-CaCl2 (mg P kg^{-1})	Fosfaatklasse
BP8	0-10	5	5	6.4	37	11.4	8.2	0.03	A
BP8	10-20	2	4	6.6	14*	13.9	4.9	<0.01	A*
BP8	20-30**	-	-	-	-	-	-	-	-
BP9	0-10	6	5	5.6	40	15.2	9.3	0.18	B/A
BP9	10-20	2	5	6.6	37	12.6	8.8	<0.01	B/A
BP9	20-30	2	6	7	-		5.1	<0.01	A
BP10	0-10	9	17	5.9	86	18.2	16.2	0.19	C/B
BP10	10-20	5	20	6.9	82	13.9	14.1	0.06	B
BP10	20-30	4	27	7.1	-	-	3.1	0.01	A

*Het maximaal vermogen van de bodem om fosfaat te binden (PSC) is erg laag (<15 mmol kg^{-1}). Hierdoor kan de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG) de fosfaatbeschikbaarheid overschatten. De fosfaatklasse is daarom gebaseerd op P-AL.
**De bodemlaag is niet bemonster door een sterke bijmenging van grind

Schattingen van de GHG en GLG aan de hand van het bodemprofiel (Bodemonderzoek De Oeverlanden Fase 2, Tauw) zijn in Figuur 3.6 weergeven. Geobserveerde grondwaterstanden varieerden van 15-45cm -mv (GHG) en 80-95cm -mv (GLG). Op het lager gelegen deel zijn grondwaterstanden (ter plaatse van BP8 en BP9) naar verwachting hoger. Aan de hand van de gleyvlekken in het bodemprofiel op locatie BP9 wordt op het lager gelegen deel van het perceel de GHG ingeschat op 10cm -mv en de GLG op 52cm -mv. Naar verwachting is de hydrologische uitgangsituatie geschikter voor de ontwikkeling op locaties BP8 en BP9 (natter) dan op het hoger gelegen deel BP10. Op locatie BP10 is de GLG vrij laag (circa

60240 0029

80cm -mv, Figuur 3.6). Dit geeft een extra argument om de toplaag op locatie BP10 af te plaggen (verlagen voedselrijkdom + vernatten) als hier de ontwikkeling van dotterbloemhooiland wordt beoogd.



Figuur 3.6 Geschatte Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Laagste Grondwaterstand (GLG) aan de hand van het bodemprofiel (in cm -mv) op de AHN hoogtekaart voor perceel 7. Resultaten van de GHG en GLG zijn afkomstig van eerder uitgevoerd onderzoek (Bodemonderzoek De Oeverlanden Fase 2, Tauw)

3.3.2 Perceel 10

Op dit perceel zijn twee boringen gezet op het lager gelegen deel aan de rand van het Veluwerandmeer (BP11 en BP12) en twee boringen op een perceel wat grenst aan de Andhuizerbeek (BP15 en BP16), waarbij BP15 vlak naast de Andhuizerbeek is gesitueerd (Figuur 3.7).

Naast monstername van de bodem is het grondwater op locatie BP15 bemonsterd. In het laboratorium is het monster echter verloren gegaan. Voor dit grondwatermonster zijn hierdoor geen analyseresultaten beschikbaar.

Figuur 3.7 Locaties van de boorpunten op perceel 10 op een luchtfoto (links) en luchtfoto + hoogtekaart (rechts)

Op het lager gelegen deel van het perceel wat grenst aan het Veluwerandmeer (locaties BP11 en BP12) verschilt de bodemopbouw tussen locaties BP11 en BP12 (Tabel S3-4). Op locatie BP11 bestaat de bovengrond (bovenste 35cm) uit zand en is de bovengrond gelegen op venige klei. Op locatie BP12 bestaat de bovengrond (bovenste 40cm) uit lichte klei, en is de bovengrond gelegen op zware zavel (40-60cm) en venige klei (60-80). Op beide locaties is de fosfaattoestand erg laag over het gehele bodemprofiel. Dit blijkt uit de lage waarden van P-AL van 2.6-5.4 mg P_2O_5 $100g^{-1}$ in de toplaag (0-10cm) en lage waarden van direct beschikbaar fosfaat (P-$CaCl_2$) (onder de detectielimiet) (Tabel 3-5). Dit maakt de fosfaattoestand optimaal voor de ontwikkeling van voedselarme vegetatie. Naast vochtig hooiland (N10.02) lijkt hier op basis van de fosfaattoestand ook nat schraalland mogelijk (N10.01). Er zijn geen maatregelen nodig om de fosfaattoestand te verlagen.

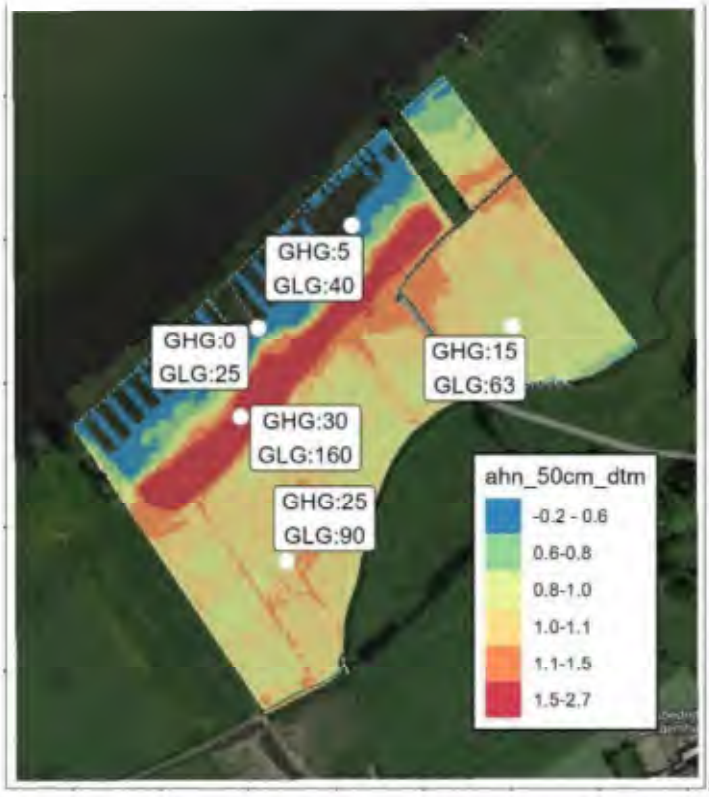
Op het perceel dat grenst aan de Andhuizerbeek (BP15 en BP16) bestaat de bovengrond (bovenste 12 tot 15cm) uit zware zavel. Hieronder ligt een laag van mengsel van zavel en klei, en hieronder verloopt de grondsoort van zavel/klei naar venige klei naar kleiig veen. De fosfaattoestand van de toplaag (bovenste 10cm) is laag en optimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie (P-AL van 7-12 mg P_2O_5 $100g^{-1}$ en een fosfaatverzadigingsgraad (FVG) van 14-18%). Er zijn geen maatregelen nodig om de fosfaattoestand te verlagen.

Tabel 3-5 Organische stof (OS), kleigehalte en zuurgraad (pH) van de bemonsterde bodemlagen op perceel 10, samen met de fosfaatklasse gekarakteriseerd met de maximale adsorptiecapaciteit (P sorption capacity, PSC), de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG), reversibel gebonden, snel beschikbaar P (P-AL) en de direct beschikbare P reserves (P-$CaCl_2$). Lichtgroen (fosfaatklasse A) = optimaal voor de ontwikkeling van voedselarme vegetatie. Donkergroen (fosfaatklasse B) = optimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie.

Boor-punt	Diepte	OS (%)	Klei (%)	pH	PSC (mmol kg^{-1})	FVG (%)	P-AL (mg P_2O_5 $100g^{-1}$)	P-CaCl2 (mg P kg^{-1})	Fosfaatklasse
BP11	0-10	3	5	7.1	26	10.4	5.4	<0.01	A
BP11	10-20	2	6	7.2	29	8.7	6.1	<0.01	A
BP11	20-30	2	6	7.2	-	-	6.4	<0.01	A
BP12	0-10	4	10	6.7	62	6	2.6	<0.01	A
BP12	10-20	4	23	6.8	123	3.7	0.6	<0.01	A
BP12	20-30	7	29	6.7	-	-	1.6	<0.01	A
BP15	0-10	11	20	6.1	102	13.9	7.2	0.23	B/A
BP15	10-30	5	29	6	114	6.2	1.7	0.07	A
BP15	30-40	6	27	6.1	-	-	0.8	0.04	A
BP16	0-10	9	14	4.9	81	17.8	12.3	0.26	B
BP16	10-30	3	15	5.4	92	5.4	1	0.03	A
BP16	30-60	9	24	5.9	-	-	1.3	0.05	A

Schattingen van de GHG en GLG aan de hand van het bodemprofiel zijn in Figuur 3.8 weergeven. In het lager gelegen deel van het perceel, wat grenst aan het Veluwerandmeer, komt het grondwater periodiek tot maaiveld (GHG van 0-5cm -mv, GLG van 25-40cm-mv). De uitgangssituatie is hierdoor geschikt voor

de ontwikkeling van voedselarme, natte vegetatie. Op het andere onderzochte perceel (noordoostelijk deel van het perceel langs de Andhuizerbeek, ter plaatse van BP16 en BP15) is een GHG van 15cm -mv en een GHG van 63cm -mv geobserveerd (Figuur 3.8). In het huidig onderzoek zijn in het bodemprofiel van de boring vlak naast de beek (BP15) al gleyvlekken waargenomen vanaf maaiveld (Tabel S3-4). Dit indiceert dat het grondwater ook hier periodiek tot maaiveld komt. Op beide locaties (BP16 en BP15) is de uitgangssituatie geschikt voor de ontwikkeling van matig voedselrijke, vochtige (locatie BP16) tot natte (locatie BP15) vegetatie.

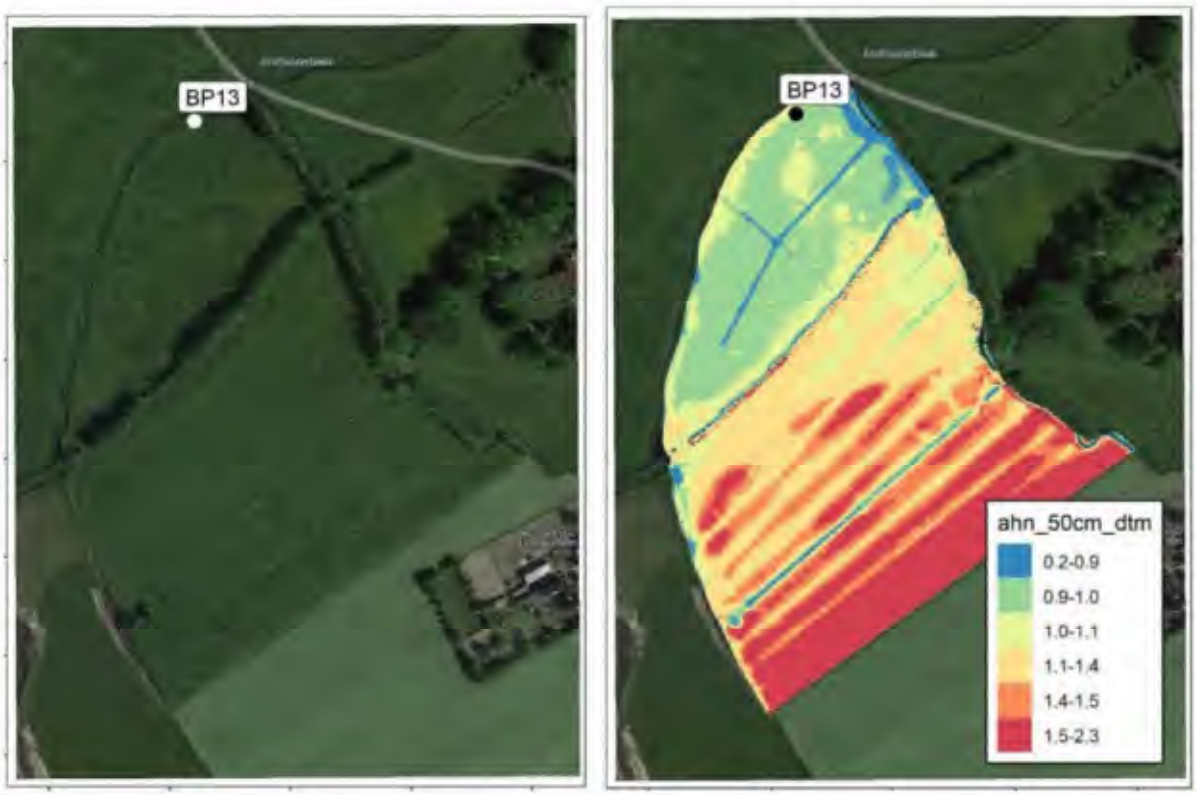


Figuur 3.8 Geschatte Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Laagste Grondwaterstand (GLG) aan de hand van het bodemprofiel (in cm -mv) op de AHN hoogtekaart voor perceel 10. Resultaten van de GHG en GLG zijn afkomstig van eerder uitgevoerd onderzoek (Bodemonderzoek De Oeverlanden Fase 2, Tauw)

3.3.3 Perceel 16

Op dit perceel is een boring (BP13) gezet op het lager gelegen, noordelijk deel van het perceel (Figuur 3.9).

60240 0029



Figuur 3.9 Locatie van het boorpunt op perceel 16 op een luchtfoto (links) en luchtfoto + hoogtekaart (rechts)

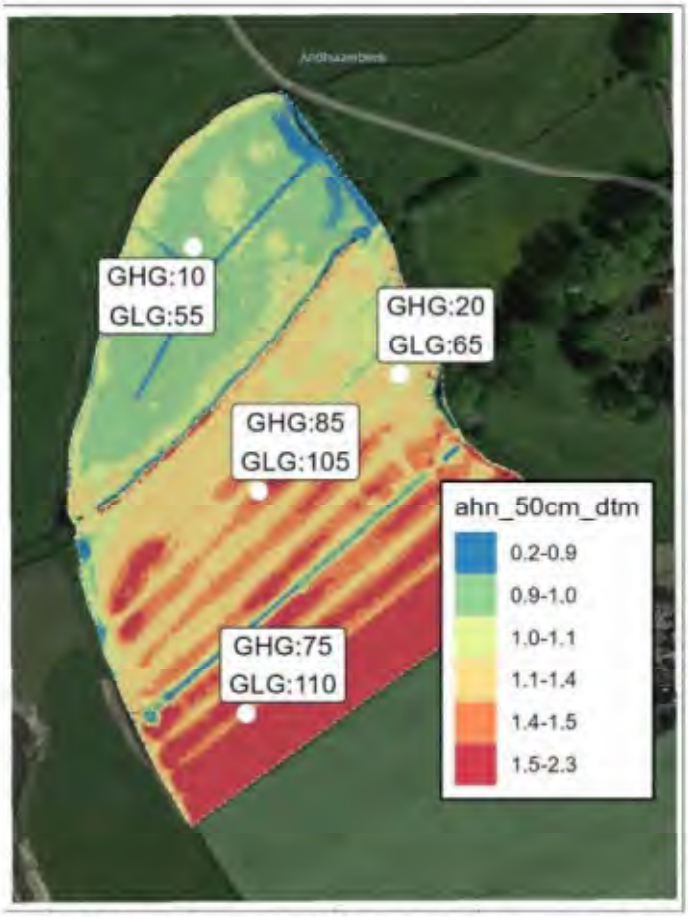
Op locatie BP13 bestaat de bovengrond uit een 20cm dikke laag lichte klei (matig humeus). De bovengrond is gelegen op een laag lichte, blauw gekleurde, en sterk verdichte kleilaag (20-55cm). De diepere ondergrond (55-80cm) bestaat uit venige klei (Tabel S3-5).

Op dit monsterpunt is er een sterk verschil in de fosfaattoestand van de toplaag in vergelijking met de ondergrond. De fosfaattoestand van de toplaag (bovenste 10cm) is hoog (P-AL van 35 mg P_2O_5 $100g^{-1}$ en een fosfaatverzadigingsgraad (FVG) van 28%). Dit is niet optimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie; er zijn maatregelen nodig om de fosfaattoestand te verlagen. Aanbevolen wordt om de bovenste 10cm af te graven. Hieronder (10-30cm) is de fosfaattoestand zeer laag (P-AL van 7 mg P_2O_5 $100g^{-1}$ en een FVG van 12%), wat optimaal is voor de ontwikkeling van voedselarme vegetatie.

Tabel 3-6 Organische stof (OS), kleigehalte en zuurgraad (pH) van de bemonsterde bodemlagen op perceel 16, samen met de fosfaatklasse gekarakteriseerd met de maximale adsorptiecapaciteit (P sorption capacity, PSC), de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG), reversibel gebonden, snel beschikbaar P (P-AL) en de direct beschikbare P reserves (P-$CaCl_2$). Lichtgroen (fosfaatklasse A) = optimaal voor de ontwikkeling van voedselarme vegetatie. Oranje (fosfaatklasse D) = niet optimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie

Boor-punt	Diepte	OS (%)	Klei (%)	pH	PSC (mmol kg^{-1})	FVG (%)	P-AL (mg P_2O_5 $100g^{-1}$)	P-CaCl2 (mg P kg^{-1})	Fosfaatlklasse
BP13	0-10	11	17	5.3	90	27.5	34.6	0.32	D
BP13	10-30	5	25	5.7	114	12.0	6.8	0.06	A
BP13	30-50	6	30	6.2	-	-	0.7	<0.01	A

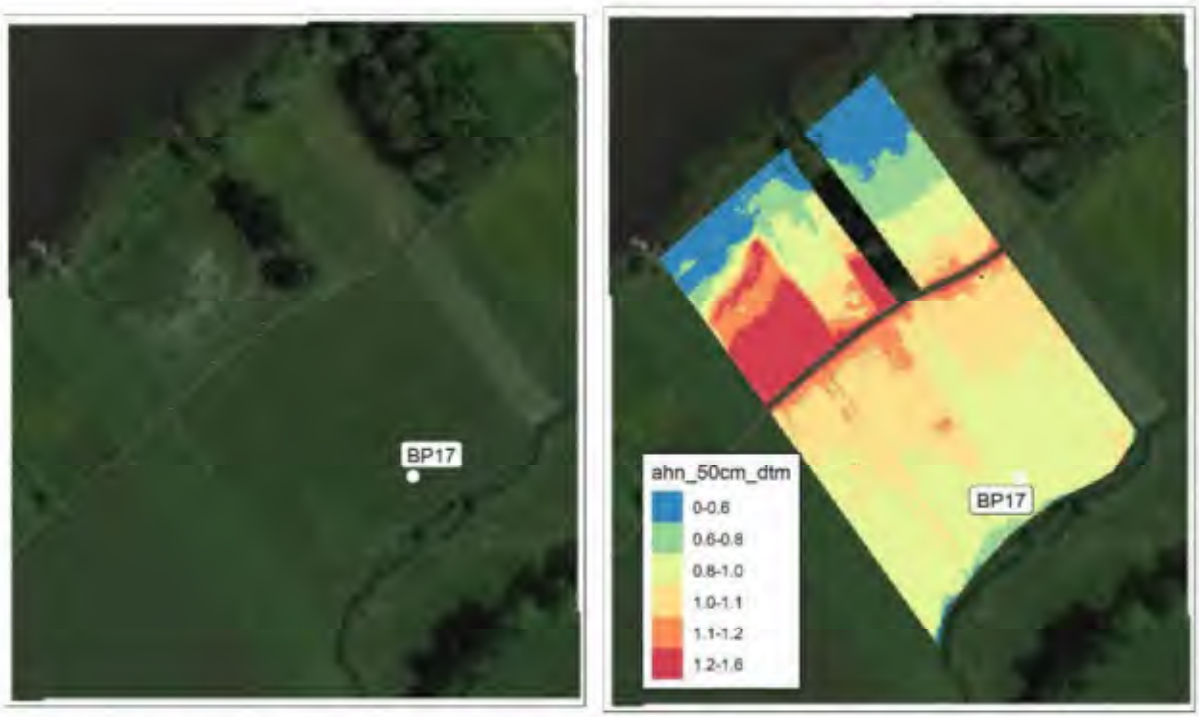
Schattingen van de GHG en GLG aan de hand van het bodemprofiel zijn in Figuur 3.10 weergegeven. Geobserveerde grondwaterstanden varieerden van 10-85cm -mv (GHG) en 55-110cm -mv (GLG). Gezien de hoogteligging van het huidig boorpunt (BP13) zal de GHG ongeveer 10cm -mv en de GLG ongeveer 55cm -mv zijn. Dit komt ook grofweg overeen met de observatie dat er gleyvlekken in de 20-55cm -mv bodemlaag aanwezig zijn (Tabel S3-5). Het afplaggen van de fosfaatrijke toplaag (bovenste 10cm) zal naar verwachting leiden tot een geschikte uitgangssituatie voor de ontwikkeling van vochtig tot natte, voedselarme vegetatie.



Figuur 3.10 Geschatte Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Laagste Grondwaterstand (GLG) aan de hand van het bodemprofiel (in cm -mv) op de AHN hoogtekaart voor perceel 16. Resultaten van de GHG en GLG zijn afkomstig van eerder uitgevoerd onderzoek (Bodemonderzoek De Oeverlanden Fase 2, Tauw)

3.3.4 Perceel 11

Op perceel 11 is een boring (BP17) gezet op het lager gelegen deel van het zuidoostelijke deel van het perceel (Figuur 3.11).



Figuur 3.11 Locatie van het boorpunt op perceel 11 op een luchtfoto (links) en luchtfoto + hoogtekaart (rechts)

De bovengrond bestaat ter plaatse van BP17 uit lichte klei (0-25cm) gelegen op een ondergrond van zware klei (25-80cm) (Tabel S3-6).

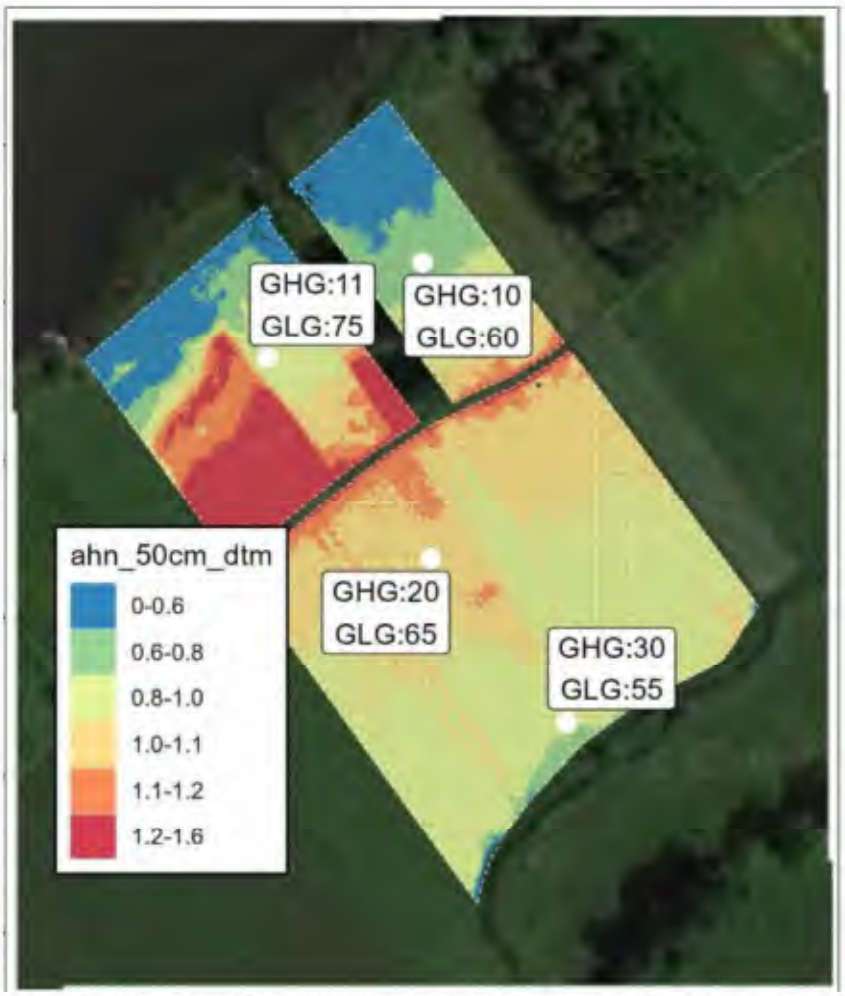
De fosfaattoestand is in de toplaag (0-10cm) hoger dan in de bodemlagen hieronder. In de toplaag is P-AL 23 mg P_2O_5 $100g^{-1}$ en de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) 22%, wat de fosfaattoestand suboptimaal maakt voor de ontwikkeling van een matig voedselrijke vegetatie. In de bodemlagen hieronder is de fosfaattoestand laag (P-AL < 5.7 mg P_2O_5 $100g^{-1}$) en optimaal voor de ontwikkeling van voedselarme situatie. Wanneer de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland wordt beoogd zijn geen maatregelen nodig om de fosfaattoestand te verlagen. Voor de ontwikkeling van dotterbloemhooiland zijn geen maatregelen om de fosfaattoestand te verlagen noodzakelijk, maar zal het afgraven van de bovenste 10cm van de grond de kans verhogen dat de vegetatie zich goed ontwikkelt.

Tabel 3-7 Organische stof (OS), kleigehalte en zuurgraad (pH) van de bemonsterde bodemlagen op perceel 11, samen met de fosfaatklasse gekarakteriseerd met de maximale adsorptiecapaciteit (P sorption capacity, PSC), de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG), reversibel gebonden, snel beschikbaar P (P-AL) en de direct beschikbare P reserves (P-$CaCl_2$). Lichtgroen (fosfaatklasse A) = optimaal voor de ontwikkeling van voedselarme vegetatie. Geel (fosfaatklasse C) = suboptimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie.

Boor-punt	Diepte	OS (%)	Klei (%)	pH	PSC (mmol kg^{-1})	FVG (%)	P-AL (mg P_2O_5 $100g^{-1}$)	P-CaCl2 (mg P kg^{-1})	Fosfaatklasse
BP17	0-10	12	20	5.8	87	21.9	23	0.33	C
BP17	10-30	5	27	6.9	112	8.4	5.7	0.08	A
BP17	30-60	5	31	6.7	-	-	0.2	0.03	A

Schattingen van de GHG en GLG aan de hand van het bodemprofiel zijn in Figuur 3.12 weergeven. Geobserveerde grondwaterstanden varieerden van 10-30cm -mv (GHG) en 55-75cm -mv (GLG). Gezien

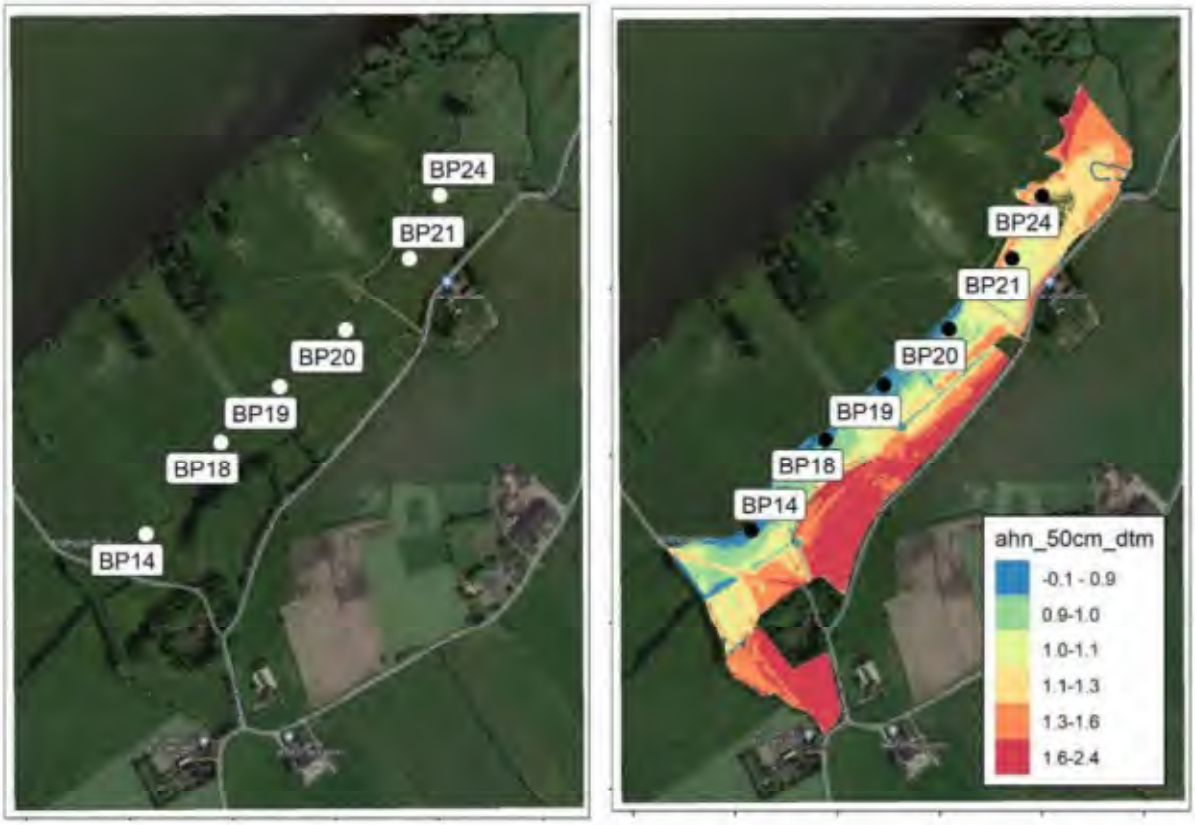
de situering van het huidig boorpunt (BP17) zal de GHG ongeveer overeenkomen met 30cm -mv en de GLG met 55cm -mv. Dit komt grotendeels overeen met de waarneming dat er gleyvlekken zijn waargenomen vanaf 35cm -mv in het bodemprofiel (wat een GHG van 35cm -mv indiceert) en dat er in de 50cm -mv bodemlaag deels gleyvlekken voorkomen maar dat de bodem deels gereduceerd is (Tabel S3-6). Dit is aan de droge kant voor de ontwikkeling van vochtige tot natte vegetatie zoals dotterbloemhooiland. Wanneer de ontwikkeling van dotterbloemhooiland wordt beoogd wordt aanbevolen om de (ook voedselrijkere) toplaag af te graven.



Figuur 3.12 Geschatte Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Laagste Grondwaterstand (GLG) aan de hand van het bodemprofiel (in cm -mv) op de AHN hoogtekaart voor perceel 11. Resultaten van de GHG en GLG zijn afkomstig van eerder uitgevoerd onderzoek (Bodemonderzoek De Oeverlanden Fase 2, Tauw)

3.3.5 Perceel 15

Op dit perceel zijn zes boringen gezet vlak langs de Andhuizerbeek (Figuur 3.13). In het zuidoosten (boorpunten BP14, BP18, BP19 en BP20) loopt de maaiveldhoogte richting de beek af. In het noordoosten (boorpunten BP21 en BP24) ligt er volgens de AHN hoogtekaart tussen de boorpunten en de beek een heuveltje van circa 30cm hoog.



Figuur 3.13 Locaties van de boorpunten op perceel 15 op een luchtfoto (links) en luchtfoto + hoogtekaart (rechts)

De boven -en ondergrond van de locaties bestaat uit klei, waarbij lokaal veraard veen en sterk humeus zand in de ondergrond zijn waargenomen (Tabel S3-7). De fosfaattoestand van de locaties verschilt en is onder te verdelen in drie groepen:

1. Locaties BP14 en BP20. Hier is de fosfaattoestand over de gehele diepte zeer laag en is de uitgangssituatie optimaal voor de ontwikkeling van voedselarme vegetatie. In de toplaag (bovenste 10cm) varieert P-AL van 2-5 mg P_2O_5 $100g^{-1}$ en is de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) 12%.
2. Locaties BP18, BP19 en BP21. Hier is de fosfaattoestand in de toplaag (bovenste 10cm) suboptimaal voor de ontwikkeling van een matig voedselrijke vegetatie en is de fosfaattoestand in de bodemlagen hieronder zeer laag. In de toplaag (bovenste 10cm) varieert P-AL van 16-21 mg P_2O_5 $100g^{-1}$ en varieert de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) van 18-19%. In bodemlagen hieronder is P-AL <8 mg P_2O_5 $100g^{-1}$en is de FVG < 12%.
3. Locatie BP24. De bovenste 30cm van de bodem is hier meer verrijkt met fosfaat dan in het overig deel van het perceel. In de bovenste 10cm is de fosfaattoestand niet optimaal (te hoog) voor de ontwikkeling van een matig voedselrijke vegetatie (P-AL = 34 mg P_2O_5 $100g^{-1}$, FVG = 32%). In de laag hieronder (10-30cm -mv) is de fosfaattoestand suboptimaal voor de ontwikkeling van een matig voedselrijke vegetatie (P-AL = 15 mg P_2O_5 $100g^{-1}$, FVG = 19%). In de bodemlaag hieronder (30-60cm -mv) is de fosfaattoestand laag en optimaal voor de ontwikkeling van een voedselarme vegetatie (P-AL = 9.4 mg P_2O_5 $100g^{-1}$).

Voor de ontwikkeling van kruiden -en faunarijk grasland (N12.02) zijn geen maatregelen nodig om de fosfaattoestand te verlagen. Een uitzondering is locatie BP24, waar wordt aanbevolen om óf de bovenste 10cm van de bodem af te graven óf wel kruiden -en faunarijk grasland te ontwikkelen maar met de verwachting dat het een voedselrijk systeem blijft. Voor de ontwikkeling van schralere

vegetatietypen zoals dotterbloemhooiland wordt aanbevolen om (i) op locaties BP18, BP19 en BP21 de bovenste 10cm van de bodem af te graven, en (ii) op locatie BP24 de bovenste 30cm van de bodem af te graven. Mogelijk wordt er op de meeste locaties al afgeplagd als er voor gekozen wordt om het oeverprofiel van de Andhuizerbeek aan te passen (Figuur 2.2).

Tabel 3-8 Organische stof (OS), kleigehalte en zuurgraad (pH) van de bemonsterde bodemlagen op perceel 15, samen met de fosfaatklasse gekarakteriseerd met de maximale adsorptiecapaciteit (P sorption capacity, PSC), de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG), reversibel gebonden, snel beschikbaar P (P-AL) en de direct beschikbare P reserves (P-$CaCl_2$). Lichtgroen (fosfaatklasse A) = optimaal voor de ontwikkeling van voedselarme vegetatie. Donkergroen (fosfaatklasse B) = optimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie. Geel (fosfaatklasse C) = suboptimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie. Oranje (fosfaatklasse D) = niet optimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie

Boor-punt	Diepte	OS (%)	Klei (%)	pH	PSC (mmol kg^{-1})	FVG (%)	P-AL (mg P_2O_5 $100g^{-1}$)	P-CaCl2 (mg P kg^{-1})	Fosfaatlkasse
BP14	0-10	9	17	5.1	102	11.7	6	0.19	A
BP14	10-30	5	28	5.6	128	4.5	0.5	0.01	A
BP14	30-60	23	16	5	-	-	1.8	0.07	A
BP18	0-10	8	20	5.3	103	18.1	19.6	0.2	C
BP18	10-30	5	25	5.7	87	9.7	4.9	0.08	A
BP18	30-60	4	32	6.3	-	-	3.8	0.01	A
BP19	0-10	10	24	5.8	105	18	20.8	0.18	C
BP19	10-30	6	30	6.4	94	11.3	7.7	0.12	A
BP19	30-60	4	32	6.6	-	-	1.7	0.03	A
BP20	0-10	9	25	5.9	88	11.7	5.2	0.18	A
BP20	10-30	6	29	6.6	77	10.5	5.9	0.1	A
BP20	30-60	4	29	6.8	-	-	3	0.03	A
BP21	0-10	9	21	4.9	96	18.8	15.7	0.26	C
BP21	10-30	5	28	5.3	100	11.7	5.3	0.11	A
BP21	30-60	4	28	6.2	-	-	3.3	0.05	A
BP24	0-10	12	18	5	86	31.8	33.9	0.4	D
BP24	10-30	6	23	6.1	82	18.8	14.7	0.15	C
BP24	30-60	5	26	6.6	-	-	9.4	0.06	A

Schattingen van de GHG en GLG aan de hand van het bodemprofiel zijn in Figuur 3.14 weergeven. Geobserveerde grondwaterstanden varieerden van 15-75 (GHG) en 60-130 (GLG). De huidige monsternamelocaties zijn gesitueerd in de lager gelegen delen (naast de beek). Gleyvlekken worden afhankelijk van het monsternamepunt vanaf 10cm -mv (BP18) tot 40cm -mv (BP24) waargenomen, wat indiceert dat de GHG tussen de 10-40cm -mv ligt (Tabel S3-7). Dit is vrij droog voor de ontwikkeling van vochtige vegetatie zoals dotterbloemhooiland. Wanneer de ontwikkeling van vochtige vegetatie (zoals

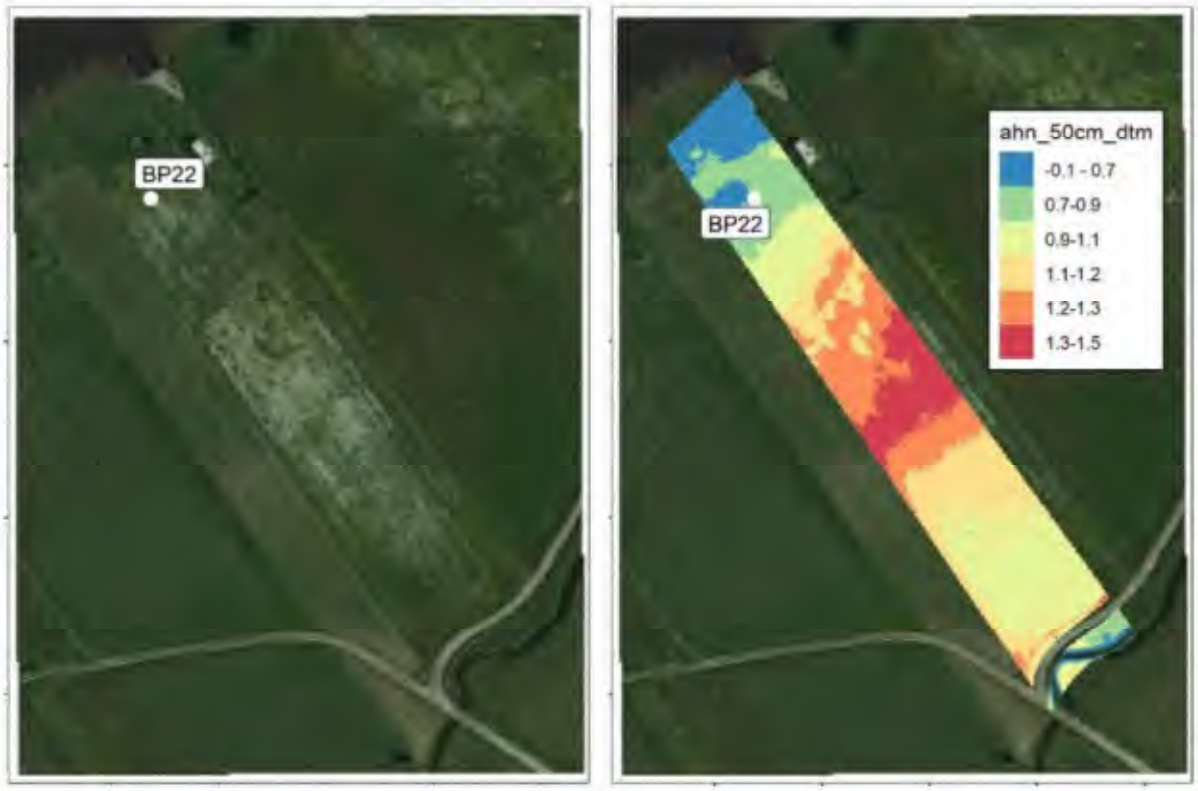
60240 0029

dotterbloemhooiland) wordt beoogd wordt aanbevolen om de bovenste 10cm van de bodem op de percelen langs de Andhuizerbeek af te graven (mogelijk in combinatie met het aanpassen van het oeverprofiel van de Andhuizerbeek) en om 30cm af te graven op locatie BP24 (in de uitgangssituatie het droogst en voedselrijkst).

Figuur 3.14 Geschatte Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Laagste Grondwaterstand (GLG) aan de hand van het bodemprofiel (in cm -mv) op de AHN hoogtekaart voor perceel 15. Resultaten van de GHG en GLG zijn afkomstig van eerder uitgevoerd onderzoek (Bodemonderzoek De Oeverlanden Fase 2, Tauw)

3.3.6 Perceel 32

Op dit perceel is een boring gezet op het lager gelegen (maar niet laagst gelegen) deel (Figuur 3.15).



Figuur 3.15 Locaties van het boorpunt op perceel 32 op een luchtfoto (links) en luchtfoto + hoogtekaart (rechts)

Ter plaatse van BP22 bestaat de bovengrond (bovenste 20cm) uit humusrijke zavel. De ondergrond bestaat uit grof zand (20-30cm), klei-arm zand (30-40cm), lichte zavel (40-60cm) en gereduceerd zand (60-80cm) (Tabel S3-8).

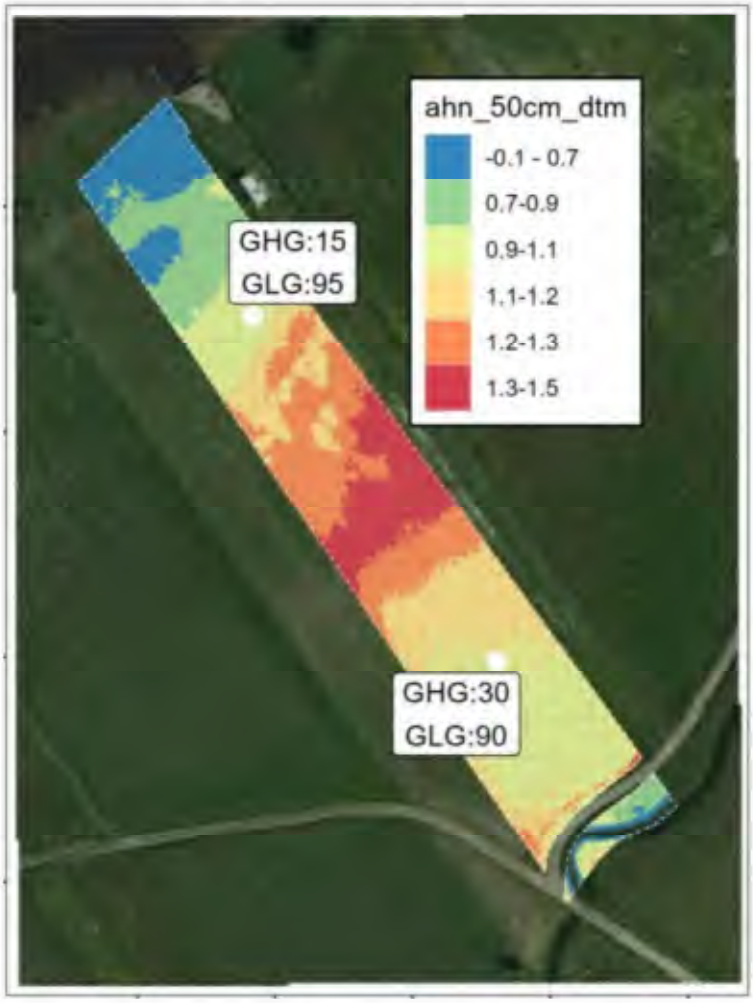
De fosfaattoestand is over de gehele bemonsterde diepte laag en optimaal voor de potentiële ontwikkeling van voedselarme vegetatie. Om dit te illustreren is in de bovenste 10cm van de bodem P-AL 2.2 mg P_2O_5 $100g^{-1}$ en de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) 11%. Er zijn geen maatregelen nodig om de fosfaattoestand te verlagen.

Tabel 3-9 Organische stof (OS), kleigehalte en zuurgraad (pH) van de bemonsterde bodemlagen op perceel 32, samen met de fosfaatklasse gekarakteriseerd met de maximale adsorptiecapaciteit (P sorption capacity, PSC), de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG), reversibel gebonden, snel beschikbaar P (P-AL) en de direct beschikbare P reserves (P-$CaCl_2$). Lichtgroen (fosfaatklasse A) = optimaal voor de ontwikkeling van voedselarme vegetatie.

Boor-punt	Diepte	OS (%)	Klei (%)	pH	PSC (mmol kg^{-1})	FVG (%)	P-AL (mg P_2O_5 $100g^{-1}$)	P-CaCl2 (mg P kg^{-1})	Fosfaatlkasse
BP22	0-10	7	10	4.8	100	10.8	2.2	0.16	A
BP22	10-20	3	13	4.7	95	6.8	0.9	0.03	A
BP22	20-30	2	6	5.1	-	-	1.6	0.01	A

Schattingen van de GHG en GLG aan de hand van het bodemprofiel zijn in Figuur 3.16 weergeven. Geobserveerde grondwaterstanden varieerden van 15-30cm -mv (GHG) en 90-95cm -mv (GLG). Op basis van de situering van het huidig boorpunt is de grondwaterstand ter plaatse van BP22 waarschijnlijk

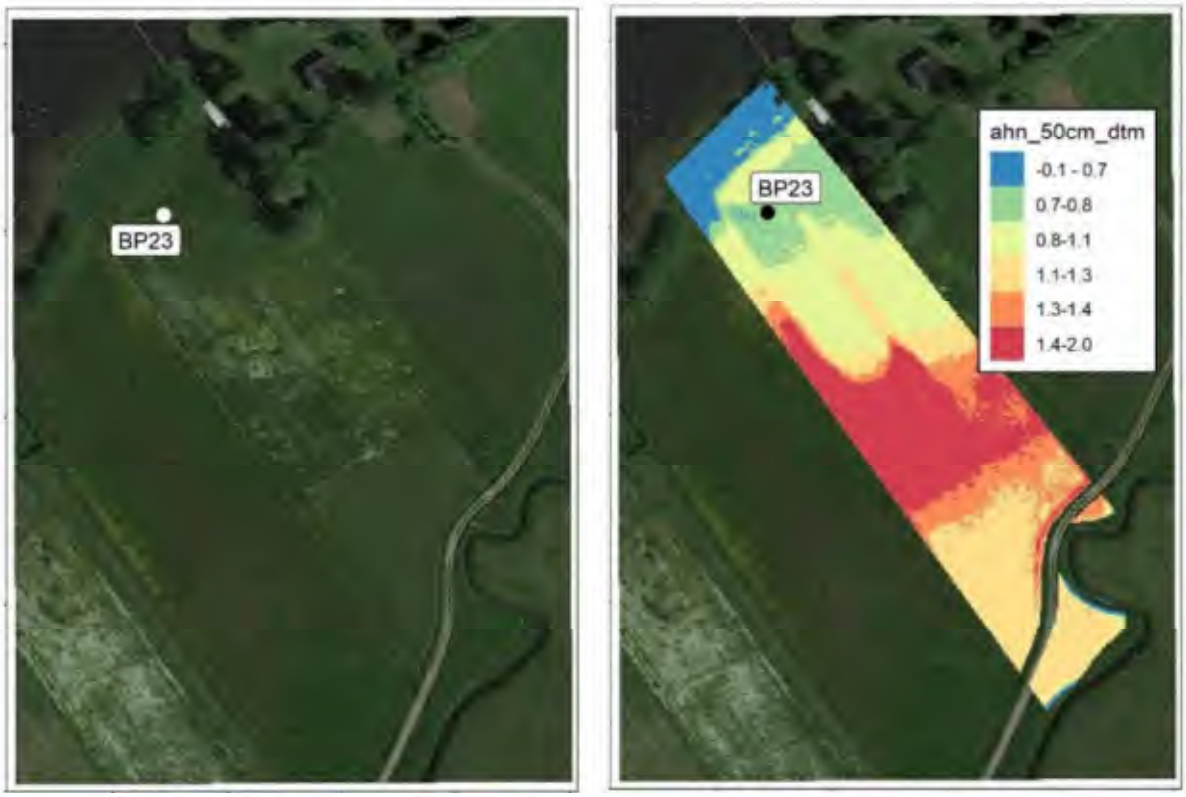
hoger. De bodemlagen zijn vanaf 40cm -mv gereduceerd (Tabel S3-8), wat indiceert dat de GLG op circa 40cm -mv ligt. Dit is gunstig voor de ontwikkeling van vochtige vegetatietypen zoals dotterbloemhooiland.



Figuur 3.16 Geschatte Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Laagste Grondwaterstand (GLG) aan de hand van het bodemprofiel (in cm -mv) op de AHN hoogtekaart voor perceel 32. Resultaten van de GHG en GLG zijn afkomstig van eerder uitgevoerd onderzoek (Bodemonderzoek De Oeverlanden Fase 2, Tauw)

3.3.7 Perceel 31

Op dit perceel is een boring gezet op het lager gelegen (maar niet laagst gelegen) deel (Figuur 3.17).



Figuur 3.17 Locatie van het boorpunt op perceel 31 op een luchtfoto (links) en luchtfoto + hoogtekaart (rechts)

De bodemopbouw ter plaatse van BP23 is een toplaag van humusrijke zavel (0-10cm), gelegen op humusarme, lichte zavel (10-25cm) op een ondergrond van klei-arm zand (25-80cm) (Tabel S3-9).

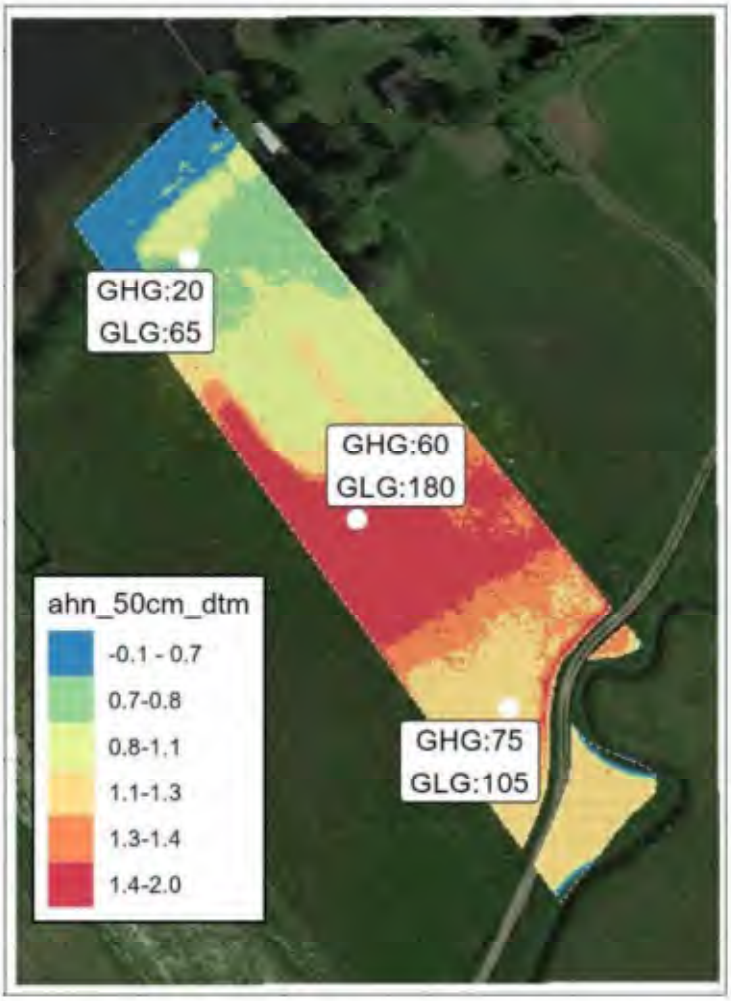
De fosfaattoestand is over de gehele bemonsterde diepte laag en optimaal voor de ontwikkeling van een matig voedselrijke vegetatie (bodemlagen 0-10cm en 20-30cm) of optimaal voor de ontwikkeling van voedselarme vegetatie (bodemlaag 20-30cm). Om dit te illustreren is P-AL in de bovenlaag 7 mg P_2O_5 $100g^{-1}$ en is de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) 18%. Voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland of dotterbloemhooiland zijn geen maatregelen nodig om de fosfaattoestand te verlagen. De vegetatie ter plekke van BP23 bevat veel dotterbloemen.

Tabel 3-10 Organische stof (OS), kleigehalte en zuurgraad (pH) van de bemonsterde bodemlagen op perceel 31, samen met de fosfaatklasse gekarakteriseerd met de maximale adsorptiecapaciteit (P sorption capacity, PSC), de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG), reversibel gebonden, snel beschikbaar P (P-AL) en de direct beschikbare P reserves (P-$CaCl_2$). Lichtgroen (fosfaatklasse A) = optimaal voor de ontwikkeling van voedselarme vegetatie. Donkergroen (fosfaatklasse B) = optimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie.

Boor-punt	Diepte	OS (%)	Klei (%)	pH	PSC (mmol kg^{-1})	FVG (%)	P-AL (mg P_2O_5 $100g^{-1}$)	P-CaCl2 (mg P kg^{-1})	Fosfaatlkasse
BP23	0-10	8	5	5.2	44	17.7	7.4	0.22	B/A
BP23	10-20	3	6	6.8	39	11.2	8.2	0.04	A
BP23	20-30	2	6	7	-	-	11.9	0.01	B

60240 0029

Schattingen van de GHG en GLG aan de hand van het bodemprofiel zijn in Figuur 3.18 weergeven. Geobserveerde grondwaterstanden varieerden van 20-75cm -mv (GHG) en 65-180cm -mv (GLG). Op basis van de situering van BP23 komt de GHG ter plaatse van BP23 waarschijnlijk overeen met circa 20cm -mv en de GLG met circa 65cm -mv. Bij de bemonstering van de bodem op locatie BP23 zijn echter gleyvlekken waargenomen in de 10-25cm -mv bodemlaag, en is gereduceerd zand waargenomen vanaf 25cm -mv. Dit indiceert een GHG van 10cm -mv en een GLG van 25cm -mv. Naar verwachting is de hydrologische uitgangssituatie ter plaatse van BP23 geschikt voor de ontwikkeling van vochtige vegetatietypen zoals dotterbloemhooiland. Dit wordt bevestigd door de aanwezige vegetatie rond BP23 met veel dotterbloemen.



Figuur 3.18 Geschatte Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Laagste Grondwaterstand (GLG) aan de hand van het bodemprofiel (in cm -mv) op de AHN hoogtekaart voor perceel 31. Resultaten van de GHG en GLG zijn afkomstig van eerder uitgevoerd onderzoek (Bodemonderzoek De Oeverlanden Fase 2, Tauw)

3.3.8 Ongenummerd

Er wordt naar dit perceel gerefereerd als 'Ongenummerd' omdat het geen nummer heeft in de eerder uitgevoerde bodemonderzoeken. Op dit perceel zijn twee boringen gezet die circa 20 meter ten oosten liggen van een beek.

60240 0029

Figuur 3.19 Locaties van de boorpunten op het ongenummerd perceel op een luchtfoto (links) en luchtfoto + hoogtekaart (rechts)

De bodem op locatie BP25 bestaat uit een toplaag van lichte klei (bovenste 10cm), gelegen op lichte zavel (10-30cm) en kleirijke zavel (30-80cm). De bodem op locatie BP27 bestaat uit een dun laagje lichte zavel (0-8cm) gelegen op kleiarm zand (8-34cm) op moerig ongerijpt zand (34-40cm) op zware zavel (40-55cm) op zand (55-80cm) (Tabel S3-10).

De fosfaattoestand is op beide locaties laag en in de uitgangsituatie optimaal voor de ontwikkeling van een voedselarme vegetatie (Tabel 3-11). Om dit te illustreren varieert P-AL in de bovenste 10cm van de bodem van 4-8 mg P_2O_5 $100g^{-1}$ en de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) van 9-11%. Voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland of dotterbloemhooiland zijn geen maatregelen nodig om de fosfaattoestand te verlagen.

Tabel 3-11 Organische stof (OS), kleigehalte en zuurgraad (pH) van de bemonsterde bodemlagen op het ongenummerde perceel, samen met de fosfaatklasse gekarakteriseerd met de maximale adsorptiecapaciteit (P sorption capacity, PSC), de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG), reversibel gebonden, snel beschikbaar P (P-AL) en de direct beschikbare P reserves (P-$CaCl_2$). Rood (fosfaatklasse E) = te voedselrijk voor natuurontwikkeling.

Boor-punt	Diepte, cm	OS (%)	Klei (%)	pH	PSC (mmol kg^{-1})	FVG (%)	P-AL (mg P_2O_5 $100g^{-1}$)	P-CaCl2 (mg P kg^{-1})	Fosfaatklasse
BP25	0-10	4	7	6.7	50	11.4	7.8	0.07	A
BP25	10-20	2	7	7	42	10.3	7.2	0.01	A
BP25	20-30	2	7	7.1	-	-	8.1	<0.01	A
BP27	0-10	3	6	7.1	31	8.5	4.2	0.05	A
BP27	10-20	1	8	7.1	35	8.3	6.8	<0.01	A
BP27	20-30	2	8	7.1	-	-	10.3	0.01	B

60240 0029

Dit perceel is niet meegenomen in het voormalig uitgevoerd onderzoek van Tauw. Er zijn daarom geen schattingen voor de GHG en GLG voor dit perceel beschikbaar. In het huidig onderzoek zijn op locatie BP25 gleyvlekken geobserveerd in de 10-30cm bodemlaag en begint het gereduceerde zavel op 30cm -mv. Op locatie BP27 begint het gereduceerde zavel op 40cm -mv. Op basis van deze informatie wordt de GHG op 10cm -mv en de GLG op 30/40cm -mv geschat. Dit is geschikt voor de ontwikkeling van vochtige vegetatie zoals dotterbloemhooiland.

3.4 Noordoost

3.4.1 Perceel 21

Op dit perceel is een boring gezet in het laagst gelegen deel van het perceel (Figuur 3.20). Opvallend zijn strakke hoogteverschillen tussen verschillende delen van het perceel. Waarschijnlijk zijn in het verleden delen van het perceel opgehoogd of afgegraven.

Figuur 3.20 Locatie van het boorpunt op perceel 21 op een luchtfoto (links) en luchtfoto + hoogtekaart (rechts)

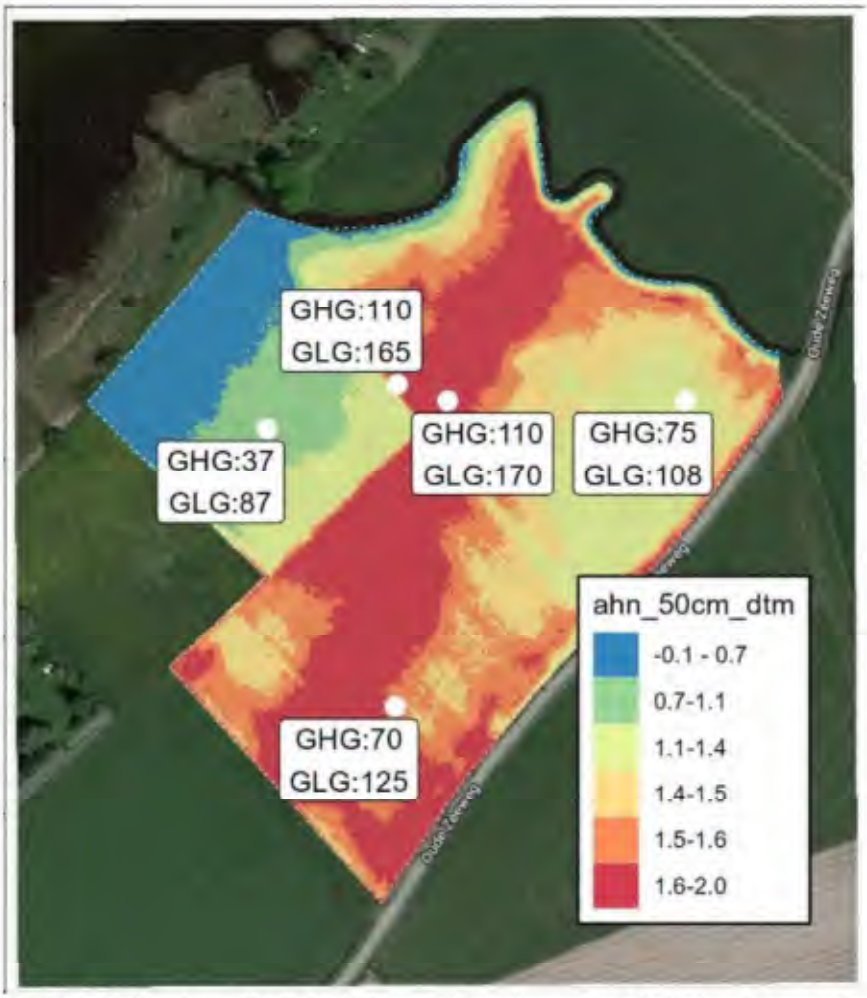
De bodem bestaat ter plaatse van BP29 uit een bovengrond van zware zavel (0-20cm) gelegen op lichte klei (20-31cm), klei-arm zand (31-40cm) en ongerijpt moerig zand (40-50cm) (Tabel S3-11).
De fosfaattoestand van de bovenste 10cm van de bodem is in de uitgangssituatie hoog en niet optimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie; er zijn maatregelen nodig om de fosfaattoestand te verlagen (P-AL = 29 mg P_2O_5 $100g^{-1}$, FVG = 27%). In de bodemlaag hieronder (10-20cm -mv) is de fosfaattoestand suboptimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie (P-AL = 18 mg P_2O_5 $100g^{-1}$, FVG = 15%). In de bodemlaag hieronder (20-30cm -mv) is de fosfaattoestand laag en optimaal voor de ontwikkeling van voedselarme vegetatie (P-AL = 9 mg P_2O_5 $100g^{-1}$).

Wanneer de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland wordt beoogd wordt geadviseerd om óf de bovenste 10cm af te graven óf toch kruiden- en faunarijk grasland te ontwikkelen met de verwachting dat het een voedselrijk grasland wordt. Wanneer de ontwikkeling van dotterbloemhooiland wordt beoogd wordt aanbevolen om de bovenste 20cm van de bodem af te graven.

Tabel 3-12 Organische stof (OS), kleigehalte en zuurgraad (pH) van de bemonsterde bodemlagen op perceel 21, samen met de fosfaatklasse gekarakteriseerd met de maximale adsorptiecapaciteit (P sorption capacity, PSC), de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG), reversibel gebonden, snel beschikbaar P (P-AL) en de direct beschikbare P reserves (P-$CaCl_2$). Lichtgroen (fosfaatklasse A) = optimaal voor de ontwikkeling van voedselarme vegetatie. Geel (fosfaatklasse C) = suboptimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie. Oranje (fosfaatklasse D) = niet optimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie

Boor-punt	Diepte	OS (%)	Klei (%)	pH	PSC (mmol kg^{-1})	FVG (%)	P-AL (mg P_2O_5 $100g^{-1}$)	P-CaCl2 (mg P kg^{-1})	Fosfaatlkasse
BP29	0-10	13	8	5.9	71	26.9	29.2	0.38	D
BP29	10-20	3	10	6.8	61	15.3	18	0.06	C
BP29	20-30	2	8	7	-	-	9	0.01	A

Schattingen van de GHG en GLG aan de hand van het bodemprofiel zijn in Figuur 3.21 weergeven. Geobserveerde grondwaterstanden varieerden van 37-110cm -mv (GHG) en 87-170cm -mv (GLG). Op basis van de situering van BP29 is de GHG ter plaatse van BP29 waarschijnlijk lager dan 37cm -mv en is de GLG lager dan 87cm -mv. Bij de bemonstering van de bodem zijn gleyvlekken waargenomen in de 20-31cm -mv bodemlaag en begint het gereduceerd zand op 40cm -mv (Tabel S3-11). Op basis van deze informatie wordt de GHG op 20cm -mv en de GLG op 40cm -mv geschat. Naar verwachting leidt het afgraven van de bovenste 20cm tot een geschikte situatie voor de ontwikkeling van vochtige tot natte, voedselarme vegetatie.

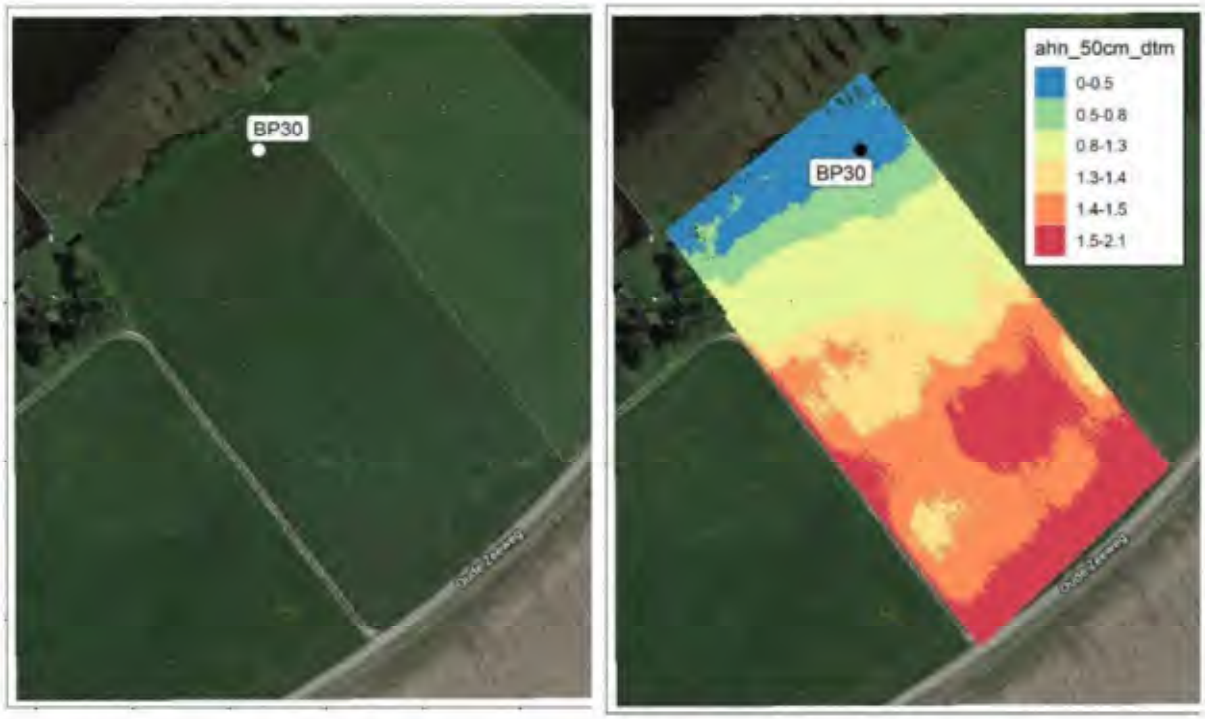


Figuur 3.21 Geschatte Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Laagste Grondwaterstand (GLG) aan de hand van het bodemprofiel (in cm -mv) op de AHN hoogtekaart voor perceel 21. Resultaten van de GHG en GLG zijn afkomstig van eerder uitgevoerd onderzoek (Bodemonderzoek De Oeverlanden Fase 2, Tauw)

3.4.2 Perceel 25

Op dit perceel is een boring gezet in het laagst gelegen deel van het perceel (Figuur 3.22).

60240 0029



Figuur 3.22 Locatie van het boorpunt op perceel 25 op een luchtfoto (links) en luchtfoto + hoogtekaart (rechts)

In het noordelijk, laag gelegen deel van het perceel (BP30) bestaat de bovengrond uit lichte zavel (0-30cm). De bovengrond is gelegen op klei-arm zand (30-80cm) (Tabel S3-12).

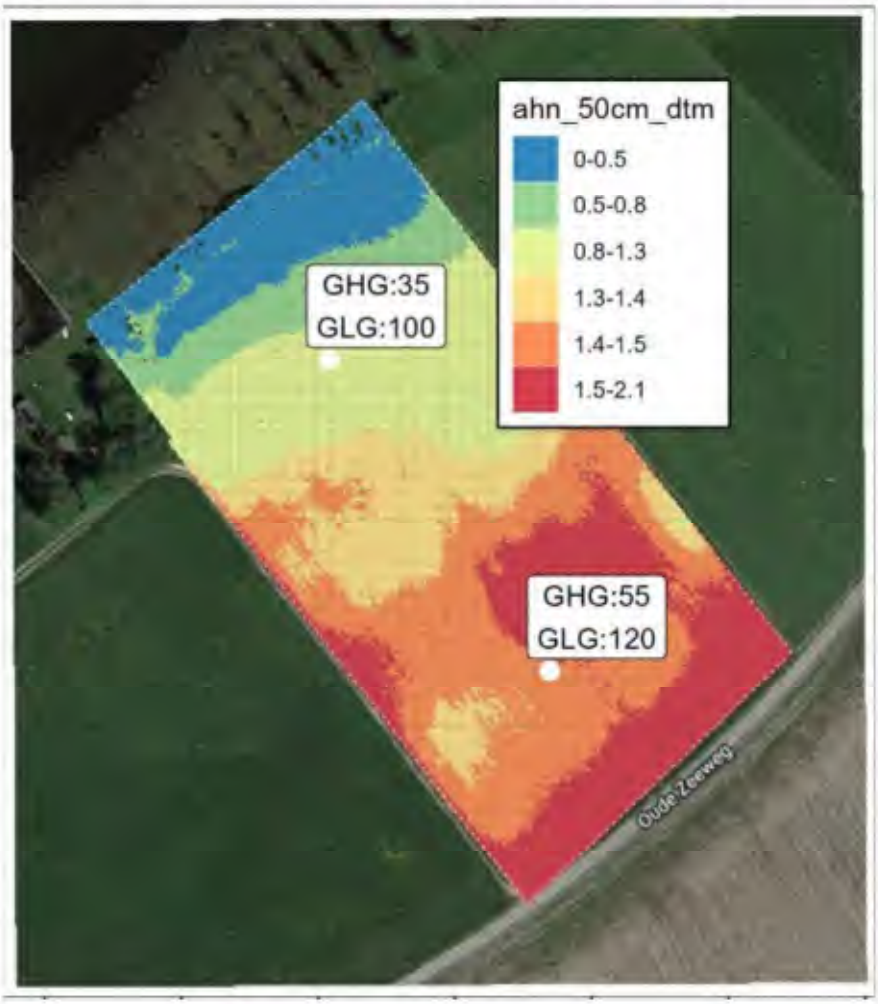
De fosfaattoestand is over gehele bemonsterde diepte te hoog voor natuurontwikkeling. In de bovenste 10cm van de bodem is P-AL 48 mg P_2O_5 $100g^{-1}$ en is de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) 38%. Op de diepst bemonsterde laag (20-30cm) is P-AL nauwelijks lager (46 mg P_2O_5 $100g^{-1}$) dan in de daarboven liggende bodemlagen. Er zijn maatregelen nodig om de fosfaattoestand te verlagen. De aanbeveling is om de humusrijke toplaag van lichte zavel af te graven (bovenste 30cm). Verder wordt aanbevolen om een monster te nemen van de bodemlaag hieronder (klei-arm zand) en deze te laten analyseren op fosfaat. Hiermee wordt inzicht verkregen in de voedselrijkdom van de bodem na afgraven.

Tabel 3-13 Organische stof (OS), kleigehalte en zuurgraad (pH) van de bemonsterde bodemlagen op perceel 30, samen met de fosfaatklasse gekarakteriseerd met de maximale adsorptiecapaciteit (P sorption capacity, PSC), de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG), reversibel gebonden, snel beschikbaar P (P-AL) en de direct beschikbare P reserves (P-$CaCl_2$). Lichtgroen (fosfaatklasse A) = optimaal voor de ontwikkeling van voedselarme vegetatie. Donkergroen (fosfaatklasse B) = optimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie. Geel (fosfaatklasse C) = suboptimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie. Oranje (fosfaatklasse D) = niet optimaal voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie

Boor-punt	Diepte	OS (%)	Klei (%)	pH	PSC (mmol kg^{-1})	FVG (%)	P-AL (mg P_2O_5 100g^{-1})	P-CaCl2 (mg P kg^{-1})	Fosfaatklasse
BP30	0-10	11	6	6,8	35	37,6	47,7	0,35	E
BP30	10-20	5	7	7,1	45	32,1	42,2	0,18	E
BP30	20-30	4	9	7,2	-	-	46,2	0,13	E

60240 0029

Schattingen van de GHG en GLG aan de hand van het bodemprofiel zijn in Figuur 3.23 weergeven. Geobserveerde grondwaterstanden varieerden van 35-55cm -mv (GHG) en 100-120cm -mv (GLG). Op basis van de situering van BP30 zijn grondwaterstanden ter plaatse van BP30 waarschijnlijk hoger. Bij de bemonstering van de bodem is waargenomen dat het gereduceerde zand begint op 38cm -mv. Op basis van deze informatie wordt de GLG op 37cm -mv ingeschat. Dit is geschikt voor de ontwikkeling van vochtige tot natte vegetatie. Er zal echter waarschijnlijk 30 tot meer dan 30cm moeten worden afgegraven om tot een voedselarme bodemlaag te komen.



Figuur 3.23 Geschatte Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Laagste Grondwaterstand (GLG) aan de hand van het bodemprofiel (in cm -mv) op de AHN hoogtekaart voor perceel 25. Resultaten van de GHG en GLG zijn afkomstig van eerder uitgevoerd onderzoek (Bodemonderzoek De Oeverlanden Fase 2, Tauw)

4 Synthese en conclusies

In het voorgaande hoofdstuk is per perceel beschreven hoe de actuele voedingstoestand per boorpunt op verschillende diepten in de bodem zich verhoudt tot gewenste beheertypen. Bij de voedingstoestand kijken we daarbij met name naar fosfaatfracties die in het kader van het in dit rapport beschreven biochemisch grondonderzoek zijn gemeten, vanwege het grote belang van de fosfaatbeschikbaarheid voor de ontwikkeling van schrale natuur. Daarnaast zijn ook de pH en de hydrologische situatie van belang voor de kansrijkheid van de natuurtypen. In tabel 4.1 is per perceel samengevat wat de kansrijkheid is voor de uiteenlopende natuurtypen en welke maatregelen nodig zijn om een gunstige uitgangssituatie hiervoor te realiseren.

Rond veel boorpunten is de voedselrijkdom voldoende laag voor N12.02 Fauna- en kruidenrijk grasland. Alleen rond BP4, 13, 24 en 29 is de voedselrijkdom suboptimaal (P-AL en FVG >26) en rond BP30 is de uitgangssituatie nog minder geschikt (P-AL > 40) voor N12.02. In die gevallen dient te worden gewerkt aan het verlagen van de fosfaattoestand, wat bijvoorbeeld kan worden gerealiseerd via verschralen of uitmijnen, maar ook met een rigoureuzere maatregel als afgraven. De laatste optie kan extra interessant zijn als er ook vernat moet worden voor realisatie van N12.02.

Voor N10.02 Vochtig hooiland / dotterbloemhooiland, wat als matig voedselrijk wordt beschouwd, is er in een groter aantal gevallen sprake van een te voedselrijke situatie en/of voor te droge omstandigheden. In die gevallen kan worden verschraald door te plaggen/ af te graven, waarbij dus ook sprake is van vernatting, omdat naar het grondwater toe gegraven wordt. Voor het bepalen van de plagdiepte / afgravingsdiepte moet worden gekeken naar de dikte van de la(a)g(en) met een te hoge fosfaattoestand, waarbij de fosfaattoestand in de vrijkomende bodemlaag voldoende laag moet zijn om te voldoen aan de streefwaarden van het beoogde beheertype. En daarnaast natuurlijk naar de hoogte van de grondwaterstand (GVG en GLG). In enkele gevallen is de pH lager dan de streefwaarde en is een bekalking gewenst om de ontwikkeling van vochtig hooiland te stimuleren.

Er zijn ook locaties die in de uitgangssituatie geschikt zijn voor vochtig hooiland, waarbij de beoogde vegetatie soms ook al (deels) aanwezig is (figuur 4.1). Soms is de fosfaattoestand in de uitgangssituatie al zo laag, dat nat schraalland op basis daarvan tot de mogelijkheden kan behoren. In tabel 4.1 is per boorlocatie aangegeven of daar sprake van is. Voor nat schraalland is de maximale diepte voor de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand echter 30 cm, wat dus een aanvullende eis is waarmee rekening gehouden moet worden.

Naast de genoemde eisen ten aanzien van voedselrijkdom, pH en vochthuishouding, speelt ook de N-depositie in verhouding tot de KDW van de betreffende habitattypen een rol in de haalbaarheid van natuurdoelen op de lange termijn. Daarbij ligt de N-depositie in het gebied rond de 20 kg N/ha/jaar (Aerius Monitor), wat ongeveer overeen komt met de KDW voor kruiden- en faunarijk grasland en vochtig hooiland. Voor droog en nat schraalland ligt de KDW op 10-12 kg N/ha/jaar (heischraal grasland, valt onder droog schraalland) of 15 kg N/ha/jaar (blauwgrasland, valt onder nat schraalland). Daarmee ligt de actuele N-depositie hoger dan de KDW's voor droog en nat schraalland, wat de kansrijkheid voor het realiseren van deze natuurtypen op de langere termijn beperkt.

60240 0029

Tabel 4.1. Samenvattende tabel met de potenties voor kruiden- en faunarijk grasland (N12.02), vochtig hooiland (N10.02) en nat schraalland (N10.01) per boorpunt. De mate waarin wordt tegemoet wordt gekomen aan streefwaarden voor voedselrijkdom, pH en vochthuishouding wordt aangegeven met kleuren (groen=optimaal, geel=suboptimaal, oranje=minder geschikt en rood=ongeschikt).

Perceel	Boor-punt	N12.02	potenties voor N10.02 Vochtig hooiland en N10.01 Nat schraalland			
			Voedsel-rijkdom	pH	vocht	opmerking/maatregel/advies/aanbeveling
35	1					Afgraven (0-20 cm) tbv verschraling en vernatting + bekalking
	2					Afgraven (0-20 cm) tbv verschraling en vernatting + bekalking
	28					Op strandwal, geschikt voor droog schraalland, bekalking nodig
3	3					Verschralen/uitmijnen of afgraven (0-10 cm) tbv verschraling
	4					Afgraven 0-10 cm tbv verschraling gewenst
	5					Voedselarm (P-AL<10), evt geschikt voor nat schraalland
	6					Voedselarm (P-AL<10), evt geschikt voor nat schraalland
	7					Eventueel afgraven tbv gewenste vernatting
7	8					Voedselarm (P-AL<10), evt geschikt voor nat schraalland
	9					Voedselarm (P-AL<10), evt geschikt voor nat schraalland
	10					Afgraven tbv verschraling en vernatting
10	11					Uitgangssituatie geschikt voor vochtig hooiland
	12					Voedselarm (P-AL<10), evt geschikt voor nat schraalland
	15					Voedselarm (P-AL<10), evt geschikt voor nat schraalland
	16					Uitgangssituatie geschikt voor vochtig hooiland, bekalking nodig
16	13					Afgraven (0-10 cm) tbv verschraling en vernatting
11	17					Afgraven (0-10 cm) tbv verschraling en vernatting
15	14					Voedselarm (P-AL<10); afgraven (0-10 cm) tbv vernatting
	18					Afgraven (0-10 cm) tbv verschraling en vernatting
	19					Afgraven (0-10 cm) tbv verschraling en vernatting
	20					Voedselarm (P-AL<10); afgraven (0-10 cm) tbv vernatting
	21					Afgraven (0-10 cm) tbv verschraling en vernatting, bekalking
	24					Afgraven (0-30 cm) tbv verschraling en vernatting
32	22					Geschikt voor vochtig hooiland en/of nat schraalland, bekalking
31	23					Geschikt voor vochtig hooiland en/of nat schraalland (P-AL<10)
ongenu	25					Geschikt voor vochtig hooiland en/of nat schraalland (P-AL<10)
	27					Geschikt voor vochtig hooiland en/of nat schraalland (P-AL<10)
NO	29					Afgraven (0-20 cm) tbv verschraling en vernatting
25	30					Afgraven (0-30 cm) tbv verschraling. Voedselrijkdom in bodemlaag >30 cm onzeker. Aanvullend onderzoek nodig.

Concluderend,

- Op 16 van de 29 boorpunten is de fosfaattoestand optimaal voor vochtig hooiland; op 11 van de 16 punten valt ook de pH binnen het streeftraject voor vochtig hooiland en op 6 van de 29 boorpunten zijn zowel de fosfaattoestand, de pH als de vochthuishouding optimaal voor vochtig hooiland.
- In de situaties waar niet alle factoren optimaal zijn voor vochtig hooiland, kunnen maatregelen worden genomen om aan de eisen tegemoet te komen. Voor het verlagen van de fosfaattoestand en vernatten kan worden gedacht aan plaggen/afgraven (vooral als allebei nodig is) en als de pH te laag is kan worden bekalkt.
- Op 12 van de 29 boorpunten is de fosfaattoestand dusdanig laag dat op basis daarvan ook nat schraalland mogelijk lijkt. Belangrijkste aanvullende eis is dat de gemiddelde

voorjaarsgrondwaterstand niet dieper is dan 30 cm (bij voorkeur niet dieper dan 20 cm). Dat is vrijwel nergens het geval in dit gebied en kan uitsluitend worden gerealiseerd door afgraven. Overigens ligt de actuele N-depositie in het gebied op een niveau van ca. 20 kg N/ha/jaar, wat hoger is dan de KDW van 15 kg N/ha/jaar voor nat schraalland, waarmee dat ook een bottleneck kan vormen voor de ontwikkeling van nat schraalland op langere termijn.

Figuur 4.1. Locatie BP23 ten tijde van de monstername.

60240 0029

Literatuurlijst

Kemmers, R., Kuiters, L., Delft, B. v., Slim, P., Bakker, J., & Vries, Y. d. (2005). *Haalbaarheid natuurdoelen op fosfaatverrijkte gronden: Dertig jaar natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden.* Wageningen: Alterra.

Nawara, S., Dael, T. v., Merckx, R., Amery, F., Elsen, A., Odeurs, W., . . . Smolders, E. (2017). A comparison of soil tests for available phosphorus in long-term field experiments in Europe. *European Journal of Soil Science*, pp. 873-885.

Timmermans, B. G., & van Eekeren, N. (2016). Phytoextraction of Soil Phosphorus by Potassium-Fertilized Grass-Clover Swards. *Journal of Environmental Quality, 45(2)*, pp. 701-708.

van Delft, J. (2014). *Fosfaatonderzoek Noorderpark: bodemonderzoek t.b.v. realisatie soortenrijke schraallanden.* Wageningen: Alterra.

van Delft, S. (2013). *Natuurpotentie en graslanden bij Muggenbeet en D uinigermeer.* Wageningen: Alterra.

van Delft, S., Brouwer, F., & Werff, M. v. (2007). *Natuurpotentie in vier NBL projecten in Gelderland en Overijssel.* Wageningen: Alterra.

van Rotterdam, D., Postma, R., & van Doorn, M. (2021). *Natuurontwikkeling Roeghoorn.* Wageningen: NMI.

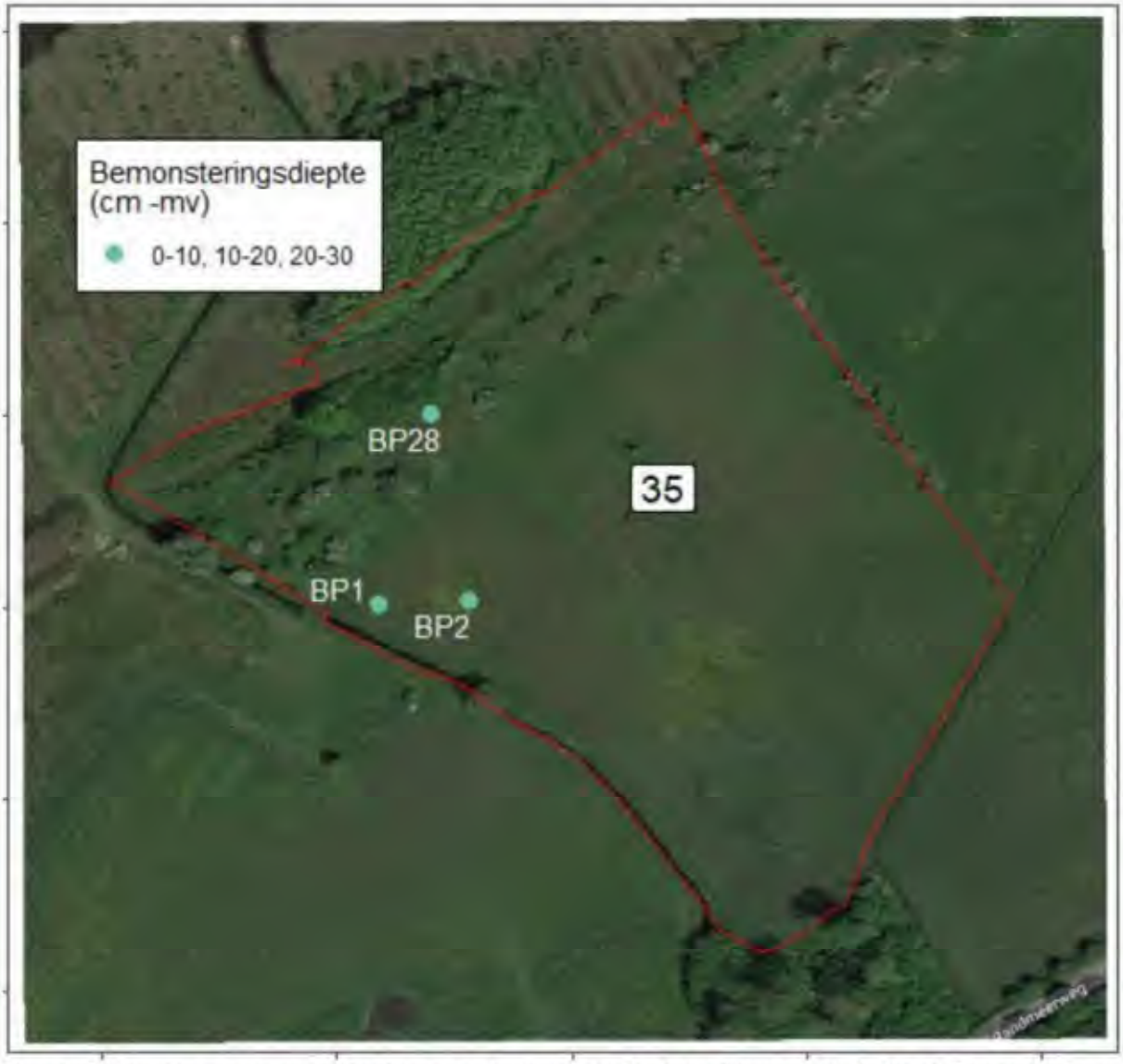
VBNE. (2023). *Handreiking voor de omvorming van voormalige landbouwgronden naar schrale natuur.* Driebergen: Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren.

Bijlage I Regionale ligging van het onderzoeksgebied

Figuur S1-1 Regionale ligging van het projectgebied 'Oeverlanden'

Bijlage II Perceelnummering

Bovenbeek-Nodbeek



Figuur S2-1 Perceelnummering en boorlocaties op het perceel in deelgebied 'Bovenbeek-Nodbeek'. De perceelsgrens is rood omlijnd, het perceelsnummer is het getal in de label. De namen van de boorlocaties zijn als tekst naast het boorpunt weergeven.

Wetering-Pangelerbeek

Figuur S2-2 Perceelnummering en boorlocaties op het perceel in deelgebied 'Wetering-Pangelerbeek. De perceelsgrens is rood omlijnd, het perceelsnummer is het getal in de label. De namen van de boorlocaties zijn als tekst naast het boorpunt weergeven.

Andhuizerbeek

Figuur S2-3 Perceelnummering en boorlocaties op de percelen in deelgebied 'Andhuizerbeek. De perceelgrenzen zijn rood omlijnd, de perceelsnummers zijn de getal in de labels. De namen van de boorlocaties zijn als tekst naast het boorpunt weergeven.

Noordoost

Figuur S2-4 Perceelnummering en boorlocaties op de percelen in deelgebied 'Noordoost. De perceelgrenzen zijn rood omlijnd, de perceelsnummers zijn de getal in de labels. De namen van de boorlocaties zijn als tekst naast het boorpunt weergeven.

60240 0029

Bijlage III Bodembeschrijvingen

Bovenbeek-Nodbeek

Perceel 35

Tabel S3-1 Boorbeschrijving van de boorpunten op perceel 35

Boorpunt	Diepte (cm -mv)	Omschrijving
BP1	0-20	Lichte klei met fijn grind, humusrijk
	20-40	Zware klei met gley vlekken, humusarm
	40-53	Kleiig veen
	53-65	Venig zand
	65-80	Deels veraard bruin veen
BP2	0-35	Zware klei met gley vlekken, humusarm
	35-65	Kleiig veen
	65-82	Matig fijn zand
	82-90	Moerig veen/slib
BP28	0-10	Zeer grof zand, humusarm
	10-60	Zeer grof zand, zeer humusarm
	60-73	Kleiig zand, bijmenging van grind

Wetering-Pangelerbeek

Perceel 3 & rand van Pangelerbeek

Tabel S3-2 Boorbeschrijving van de boorpunten op perceel 3 & rand van Pangelerbeek

Boorpunt	Diepte (cm -mv)	Omschrijving
BP3	0-12	Kleiig veen
	12-15	Zware zavel
	15-25	Kleiig veen
	25-35	Matig grof zand met gesorteerde klei lagen met schelpenresten
	35-40	Ongerijpte klei, gereduceerd
	40-45	Kleiig zand
	45-50	Lichte ongerijpte klei. Afwisselend klei en zand lagen,
	50-60	Lichte ongerijpte klei. Schelpenresten.
	70-80	Onveraard organisch materiaal
BP4	0-15	Kleiig veen

60240 0029

	15-35	Fijn zand, om de cm een dun kleilaagje
	35-45	Zeer moerig zand
	45-50	Lichte klei, gereduceerd
	50-75	Kleiig zand
	75-80	Ongerijpte klei
BP5	0-20	Lichte klei, humusarm met gley vlekken
	20-32	Venige klei
	32-40	Kleiig ven
	40-60	Kleiig veen, dels onveraard veen
	60-78	Veraard ongerijpt veen
	78-80	Kleiig zand
BP6	0-20	Lichte klei
	20-30	Kleiig zand
	30-40	Sterk moerig zand
	40-57	Veraard veen
	57-80	Deels onveraard veen
BP7	0-20	Zware klei met gley vlekken
	20-40	Kleiig veen
	40-50	Deels onveraard veen
	50-72	Veraard veen
	72-75	Zandig veen
	75-80	Veraard veen

Perceel 7

Tabel S3-3 Boorbeschrijving van de boorpunten op perceel 7

Boorpunt	Diepte (cm -mv)	Omschrijving
BP8	0-10	Zware zavel, zwak grindig
	10-30	Gereduceerd, grindig zand, kleiarm
	30-35	Zand, grind arm
	35-40	Zware klei
	40-60	Gereduceerd, matig grindig zand
	60-80	Sterk veraard kleiig veen
BP9	0-10	Zware zavel, matig humeus
	10-15	Lichte zavel, humusarm, gleyvlekken vanaf 10cm
	15-40	Kleiig zand, gleyvlekken
	40-52	Kleiloos zand, gleyvlekken
	52-73	Gereduceerd zand
	73-80	Kleiig zand
BP10	0-22	Lichte klei, humusrijk, bijmenging van fijn grind
	22-48	Zware klei, gleyvlekken vanaf 30cm, sterk verdicht
	48-80	Zware klei, sterk verdicht. Op 50-63 veel ijzer aanwezig

60240 0029

Perceel 10

Tabel S3-4 Boorbeschrijving van de boorpunten op perceel 10

Boorpunt	Diepte (cm -mv)	Omschrijving
BP11	0-10	Kleiig zand, licht humeus, zwak grindig
	10-35	Matig fijn zand, soms kleilaagjes aanwezig
	35-80	Venige, veraarde klei
BP12	0-40	Lichte klei, zwak humeus. Sterk verdicht op 25 tot 40cm
	40-60	Zware zavel
	60-80	Venige klei
BP15	0-15	Zware zavel, matig humeus. Gleyvlekken.
	15-20	Zware zavel. Lichte bijmenging van grind
	20-40	Lichte klei, gereduceerd
	40-70	Venige, lichte klei
	70-80	Kleiig veen, verloop naar veen in de diepte
BP16	0-12	Zware zavel, matig humeus
	12-20	Klei, sterke bijmenging met grind
	20-28	Zware zavel, veel ijzer
	28-51	Lichte klei, gereduceerd en verdicht
	51-65	Venige klei
	65-80	Kleiig veen

Perceel 16

Tabel S3-5 Boorbeschrijving van het boorpunt op perceel 16

Boorpunt	Diepte (cm -mv)	Omschrijving
BP13	0-20	Lichte klei, matig humeus
	20-55	Lichte klei, sterk verdicht. Blauwe kleur met gleyvlekken
	55-80	Venige klei

Perceel 11

Tabel S3-6 Boorbeschrijving van het boorpunt op perceel 11

Boorpunt	Diepte (cm -mv)	Omschrijving
BP17	0-15	Lichte klei, matig humeus
	15-25	Lichte klei
	25-35	Zware klei, verdicht
	35-50	Zware klei, verdicht en met gleyvlekken
	50-80	Zware klei, deels gleyvlekken en deels gereduceerd

Perceel 15

60240 0029

Tabel S3-7 Boorbeschrijving van de boorpunten op perceel 15

Boorpunt	Diepte (cm -mv)	Omschrijving
BP14	0-15	Lichte klei, matig humeus
	15-30	Lichte klei, gleyvlekken
	30-40	Zware klei, verdicht en gereduceerd
	40-50	Venige klei
	50-65	Kleiig veen
	65-75	Sterk humeus zand
	75-80	Veraard veen
BP18	0-20	Zware klei, matig humeus. Gleyvlekken vanaf 10cm
	20-30	Zware klei
	30-35	Zeer grof zand
	35-40	Zware klei, ijzervorming, zwarte verkoolde puntjes tussen de klei
	40-63	Zware klei, gleyvlekken, ijzerrijk
	63-72	Zware klei, gereduceerd en verdicht. Gleyvlekken aanwezig.
	72-80	Zeer kleiig veen
BP19	0-20	Zware klei, matig humeus
	20-40	Zware klei, sterk verdicht. Gleyvlekken vanaf 25cm
	40-80	Zware klei, gleyvlekken
BP20	0-40	Lichte klei, geleidelijke overgang van humusrijk naar humusarm
	40-60	Zware klei, humusarm, gleyvlekken
	60-80	Zware klei, humusarm, gleyvlekken en deels ongerijpt
BP21	0-25	Lichte klei, humusrijk
	25-80	Zware klei, humusarm met gleyvlekken
BP24	0-20	Lichte klei, humusrijk
	20-40	Zware klei, humusrijk
	40-80	Zware klei, humusarm met gleyvlekken

Perceel 32

Tabel S3-8 Boorbeschrijving van het boorpunt op perceel 32

Boorpunt	Diepte (cm -mv)	Omschrijving
BP22	0-10	Zware zavel, humusrijk
	10-20	Lichte zavel, humusrijk
	20-30	Grof zand, humusarm. Bijmenging van grind.
	30-40	Klei-arm zand. Sterke bijmenging van grind.
	40-60	Lichte zavel, gereduceerd. Bijmenging van grind.
	60-80	Gereduceerd zand

Perceel 31

60240 0029

Tabel S3-9 Boorbeschrijving van het boorpunt op perceel 31

Boorpunt	Diepte (cm -mv)	Omschrijving
BP23	0-10	Lichte zavel, humusrijk
	10-25	Lichte zavel, humusarm. Gleyvlekken.
	25-80	Kleiarm zand, gereduceerd

Ongenummerd

Tabel S3-10 Boorbeschrijving van de boorpunten op het ongenummerde perceel

Boorpunt	Diepte (cm -mv)	Omschrijving
BP25	0-10	Lichte klei, humusrijk
	10-30	Lichte zavel, gesorteerd met zand. Bijmenging met schelpenresten. Gleyvlekken.
	30-80	Kleirijke zavel, gereduceerd
BP27	0-8	Lichte zavel, humushoudend
	8-34	Kleiarm zand met laagjes van blauw kleiig slib. Verharde laag op 20-25cm.
	34-40	Moerig ongerijpt zand, humusarm
	40-55	Zware zavel, gereduceerd
	55-80	Zand, gereduceerd

Noordoost

Perceel 21

Tabel S3-11 Boorbeschrijving van het boorpunt op perceel 21

Boorpunt	Diepte (cm -mv)	Omschrijving
BP29	0-20	Zware zavel, humusrijk
	20-31	Lichte klei, humushoudend. Gleyvlekken
	31-40	Klei-arm zand, humusarm
	40-50	Ongerijpt moerig zand, gereduceerd

Perceel 25

Tabel S3-12 Boorbeschrijving van de boorpunten op perceel 25

Boorpunt	Diepte (cm -mv)	Omschrijving
BP30	0-30	Lichte zavel, humusrijk
	30-38	Klei-arm zand, humusarm
	38-80	Klei-arm zand, gereduceerd

Nutrienten Management Instituut BV
Nieuwe Kanaal 7c
6709 PA Wageningen

tel: 5.1.2e
e-mail: nmi@nmi-agro.nl
website: www.nmi-agro.nl

SCIENCE 4 NATURE

Eichhorn Ecologie

B ware RESEARCH CENTRE

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

Programma Ontwikkeling en herstel heischraal grasland in Nederland (fase 1) (OBN-2019-107-NZ)

tussenrapportage

Opdrachtgever: VBNE • Auteurs: 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e 5.1.2e, 5.1.2e & 5.1.2e
• Projectnummer: PR-20.022 • Rapportnummer: RP-20.022.21.17 • Datum: 5-5-2021

Niets uit dit rapport mag worden gereproduceerd, opnieuw vastgelegd, vermenigvuldigd of uitgegeven door middel van druk, fotokopie, microfilm, langs elektronische of elektromagnetische weg of op welke andere wijze dan ook zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

Titel rapport:
Programma Ontwikkeling en herstel heischraal grasland in Nederland (fase 1) (OBN-2019-107-NZ) - tussenrapportage

Opdrachtgever: VBNE

Auteurs:
5.1.2e, 5.1.2e 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e 5.1.2e & 5.1.2e

Rapportnummer: RP-20.022.21.17

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE B.V.
Postbus 6558
6503 GB Nijmegen
Tel: 5.1.2e
5.1.2e@b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen /Eichhorn Ecologie, Wageningen /Science4Nature, Amsterdam, 2021.

Inhoud

1. Inleiding 5

Inleiding 5

Abiotische randvoorwaarden 6

Doel van het onderzoek 8

Aanpak 8

Opzet tussenrapportage 9

2. Selectie van voormalige landbouwpercelen die omgevormd zullen worden naar heischraal grasland 11

Startlijst van percelen 11

Overleg met beheerders 12

Verdeling over regio's 15

Bodemchemische kwaliteit 15

Naar een maaiselplan 19

3. Overzicht van donorgraslanden voor het ontwikkelen van heischraal grasland 21

Bespreking donorgraslanden per regio en natuurgebied 23

Gewenste inhaalslag voor Zuid-Nederland 44

4. Visie op de herintroductie van soorten in hersteld heischraal grasland via het inbrengen van maaisel 45

Soortspecifieke eigenschappen 46

Genetische diversiteit 48

Bepalen grootte bronpopulaties 49

Verspreiding van populaties of verspreiding van problemen? 49

Een visie op succesvollere en duurzamere herintroductie van soorten van heischraal grasland 50

Keuze van de soorten in dit project 54

Conclusies 55

Voorstel voor aan toekomstige praktijkproeven gekoppeld onderzoek 56

5. Herintroductieplan 57

Maaiselplan voor een optimale verdeling over de projectlocaties 57

Richtlijnen voor herintroductie van soorten van heischraal grasland via maaisel of zaden 59

6. Activiteiten 2021 voor fase I van het project 62

7. Tussentijdse samenvatting en conclusies fase I 63

8. Plan fase II OBN Ontwikkeling en herstel van heischraal grasland 67

Inleiding 67

Plan van Aanpak fase II 68

Overig aanbevolen onderzoek (niet opgenomen in fase II) 71

9. Literatuur 74

Bijlage 1 Aanvullende metingen bodemchemie 79
Inleiding 79
Methodiek 79
Gebieden 82
Bijlage 2 Opnames donorgraslanden 141
Bijlage 3 Potentiële locaties voor monitoring in fase II 174

1. Inleiding

Inleiding

Heischrale graslanden komen onder natuurlijke omstandigheden uitsluitend boven de boomgrens voor. Op zwak zure bodems nemen ze daar grote oppervlaktes in en blijven onder zeer extensief beheer langdurig in stand. In het West-Europese laagland kwam dit type ook veel voor; de soortenrijkere varianten vooral op plaatsen met enige buffering in de bodem. In het laagland is na de introductie van kunstmest een zeer groot deel omgezet in intensief gebruikte landbouwgrond. De resterende heischrale graslanden zijn vervolgens veelal ernstig aangetast door N- en S-depositie, zoals nog recent is aangetoond in het rapport "Naar een actieplan heischrale graslanden" (van der Zee et al. 2017), waaruit blijkt dat er nog maar 30-40 hectare redelijk tot goed-ontwikkeld heischraal grasland over is in het Pleistocene zandgebied. Dit vegetatietype behoort tot de prioritaire habitats van de Europese habitatrichtlijn (Natura 2000). Ook Nederland heeft zich ten doel gesteld om zowel de kwaliteit van bestaande heischrale graslanden als de oppervlakte ervan significant te vergroten. Behoud van alleen de huidige groeiplaatsen is bij lange na niet genoeg om heischraal grasland voor de toekomst zeker te stellen. Daarom is een belangrijke pijler voor het behoud van dit habitattype, naast het versterken van bestaande heischrale graslanden, het op korte termijn realiseren van nieuwe heischrale graslanden, liefst in de buurt van bestaande heischrale graslanden in het heidelandschap (van der Zee et al. 2017; Bobbink & van der Zee 2018).

Heischrale graslanden behoren tot het *Violion caninae* (Verbond van heischrale graslanden; voorheen *Nardo-Galion saxatilis*). Binnen dit verbond worden verschillende associaties onderscheiden: het *Botrychio-Polygaletum* (Associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem) komt voornamelijk voor in het kustgebied en valt daar binnen het habitattype H2130_C Grijze duinen (heischraal). Deze associatie wordt hier verder buiten beschouwing gelaten. De associatie *Betonico-Brachypodietum* (associatie van Betonie en Gevinde kortsteel) wordt in Nederland alleen aangetroffen in Zuid-Limburg. Ook deze associatie valt buiten de scope van dit project. In het pleistocene binnenland groeit op vochthoudende plekken de associatie Klokjesgentiaan en Borstelgras (*Gentiano pneumonanthes-Nardetum*). Op drogere plekken komt vegetaties voor die voorheen tot de associatie van Liggend walstro en Schapegras (*Galio hercynici-Festicetum ovinae*) werd gerekend. Tegenwoordig valt deze associatie in twee associaties uiteen: de associatie van Liggend walstro en Schapengras en de nieuw onderscheiden associatie van Hondsviooltje en Gewoon struisgras, die zich van eerstgenoemde associatie onderscheidt door de iets meer gebufferde en iets voedselrijkere standplaats (Weeda et al., 2017; Schwertz et al., 1996). In dit project focussen we ons op de binnenlandse heischrale graslanden, waarbij we de associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras als 'vochtig heischraal grasland' beschouwen, en de associaties van Liggend walstro en Schapengras en van Hondsviooltje en Gewoon struisgras (samen de oude associatie van Liggend walstro en Schapegras) als 'droog heischraal grasland'.

Kenmerkend voor borstelgrasland (klasse *Nardetea*) zijn tormentil, tandjesgras, borstelgras en valkruid. Differentiërend ten opzichte van andere klassen zijn fijn schapengras, gewone veldbies, gewoon struisgras, gewoon reukgras, gewoon biggenkruid, muizenoor en schapenzuring. Op het verbondsniveau (verbond van heischrale graslanden) zijn dit hondsviooltje, mannetjeserenprijs, stijve ogentroost, welriekende nachtorchis, herfstschroeforchis, rozenkransje gelobde maanvaren, kleine schorseneer en heidezegge, waarvan een deel beperkt is tot één of twee associaties. Kenmerkende soorten die in 'droge heischrale graslanden' en 'vochtig heischraal graslanden' voorkomen zijn liggend

walstro, pilzegge, heidekartelblad en liggende vleugeltjesbloem. Differentiërend tussen deze twee typen is bochtige smele voor de 'droog heischraal grasland' en gewone dophei, pijpenstrootje, klokjesgentiaan, blauwe zegge, moerasstruisgras, blauwe knoop en gevlekte orchis voor het 'vochtige heischraal grasland' (Schwertz et al., 1996). Kenmerkend voor een goedontwikkelde heischrale graslanden is de aanwezigheid van bloemrijke kruiden. De soortenrijkdom is daarnaast hoger dan in droge en natte heiden. Bovengenoemde soorten zijn grotendeels rode-lijstsoorten, die zich door het schaarse voorkomen, dispersieproblemen en mogelijk ook een slechte vitaliteit van populaties niet zelfstandig zullen vestigen op nieuw te ontwikkelen locaties.

In heischrale graslanden maken wat algemenere soorten meestal een groot deel van de biomassa van de vegetatie uit. Deze soorten zouden als de 'matrix' van het heischrale grasland gezien kunnen worden, waartussen zich de minder bedekkende soorten bevinden. Tandjesgras, borstelgras, bochtige smele, fijn schapengras, gewone dophei, struikhei en pijpenstrootje zijn soorten die vaak een hoge bedekking in heischrale graslanden innemen (Schwertz et al., 1996). Ondanks dat dit algemere soorten zijn, zullen ook deze soorten meestal via maaisel geïntroduceerd moeten worden, aangezien er geen zaadbank aanwezig is op de projectlocaties die vanuit voormalige landbouwgrond worden ontwikkeld.

Abiotische randvoorwaarden

Heischrale graslanden komen voor op matig gebufferde zand- en leemgronden met een lage voedselrijkdom. Meestal betreft het podzolgronden. De buffering wordt geleverd door kationen die aan het zand of de leem zitten. Door de voortschreidende verzuring van zanden door de voortdurende verhoogde stikstofdepositie heeft er echter veel uitspoeling plaatsgevonden van bufferende kationen, waardoor er nog maar weinig plekken te vinden zijn waar hogere zandgronden voldoende gebufferd zijn. Tegenwoordig worden heischrale graslanden met voldoende buffering vooral aangetroffen op plekken met leem in de ondergrond en op plekken waar er enige dynamiek van de zandgrond is, waarbij er regelmatig aanvoer of opwerking van minder verzuurd zand plaatsvindt, zoals langs wandel- en fietspaden. Bij vochtig heischraal grasland kan de basenverzadiging worden opgeladen door periodieke invloed van (lokaal) grondwater.

In het project Naar een Actieplan Heischrale graslanden (Van der Zee et al., 2017) is onderzocht hoe de bodemchemie van resterend goedontwikkeld heischraal grasland in Nederland kan worden getypeerd. De basenverzadiging is voor droog heischraal grasland circa 30-40%. Onderzoek in landen met een lagere stikstofdepositie wijst echter uit dat de basenverzadiging op kan lopen tot circa 60%. In vochtig heischraal grasland, dat vaak gebufferd wordt door enige grondwaterinvloed in de winter, wordt in Nederland inderdaad een wat hogere basenverzadiging aangetroffen: circa 35-60%. De pH-NaCl varieert in zowel de droge als de vochtige associaties tussen circa 3,8 en 5,0 (overeenkomend met een pH-H_2O tussen ongeveer 4,8 en 6,0). Voor de buffering dient een concentratie Ca-NaCl aanwezig te zijn van ongeveer 2250-7000 µmol/l bodem, afhankelijk van de grootte van het kationadsorptiecomplex. In bodems met een hoog leem- of organische stofgehalte kunnen concentraties tot 12000 µmol/l bodem worden aangetroffen. De aluminium/calcium-ratio is laag; doorgaans onder de 1. In goed ontwikkelde heischrale graslanden in natuurterreinen is de voedselrijkdom laag: P-Olsen (maat voor de fosfaatbeschikbaarheid) ligt rond of onder 400 µmol/l bodem en NaCl-extraheerbaar ammonium ligt meestal lager dan circa 200 µmol/l bodem. Het verschil tussen droog en vochtig heischraal grasland ligt in het vochtregime. Vochtige heischrale graslanden hebben een gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand tussen circa 10-40 cm -mv, terwijl deze in droge heischrale graslanden meestal lager dan 40 cm -mv blijft (bron: Waternood).

Tabel 3.1. Bodemchemie en gemiidelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) van goedontwikkelde droge en vochtige heischrale graslanden, waarbij de pH gemeten is in een zoutextract (pH-NaCl), de uitwisselbare calciumconcentratie (Ca-NaCl), de aluminiumcalciumratio in mol/mol (Al/Ca-ratio) uit het NaCl-extract, de ammoniumconcentratie (NH_4-NaCl) en de basenverzadiging (BV) in procenten gemeten in het strontiumextract. Naar: Van der Zee et al. (2017), GVG uit Waternood 3.0.4.

	pH-NaCl	Ca-NaCl (µmol/liter bodem)	Al/Ca-ratio	NH4-NaCl (µmol/liter bodem)	BV (%)	P-Olsen (µmol/liter bodem)	GVG (cm-mv)
Droge heischrale graslanden	3,8-5,0	2250-6000 (12.000)	<0,8	<200	30-40 (-60)	<400	10-40
Vochtige heischrale graslanden	3,8-4,3	3000-7000	<1,2	<150	35-60	<400	>40

Landbouwgronden in het zandlandschap zijn bijna altijd veelvuldig bekalkt en hebben daardoor een hogere pH en basenverzadiging dan veel (ernstig) verzuurde natuurterreinen in dit landschap. Dit maakt voormalige landbouwgronden vanuit bodemchemisch oogpunt in potentie geschikt voor de ontwikkeling van heischrale graslanden, omdat hier de benodigde buffering met een lage Al/Ca-ratio en een lage NH_4^+/NO_3-ratio aanwezig is (De Graaf et al., 2009). Deze landbouwgronden hebben alleen ook veel te veel nutriënten (N, maar vooral veel P) in de bovenste lagen van de bodem. Daarom is het verwijderen van de met P-verzadigde bovenlaag vaak noodzakelijk om op korte termijn een geschikte uitgangssituatie voor heischraal grasland te bereiken (van Mullekom et al., 2013; Aggenbach et al., 2017). Hierbij is het van groot belang om vooraf te bepalen tot hoe diep te bodem te ernstig verrijkt is met P, en of de bodemlaag, die vrijkomt na verwijdering, ook voldoende gebufferd (basenverzadiging 40-60%) is om als groeiplaats te kunnen dienen voor heischrale plantensoorten. Indien nodig kan bij te lage buffering een gift van dolomietkalk aangebracht worden om de te lage basenverzadiging op peil te brengen.

Het verwijderen van de met P-verrijkte grond alleen is echter zeker niet voldoende om weer heischraal grasland te laten ontstaan. Herintroduceren van plantensoorten is de tweede stap op weg naar herstel van heischraal grasland, aangezien heel weinig soorten spontaan terugkomen uit de zaadvoorraad van voormalige landbouwgrond. Onderzoek heeft laten zien dat dispersie van soorten die typisch zijn voor heischraal grasland een bottleneck vormt (Loeb et al. 2017; 2018). Het dispersieprobleem heeft twee oorzaken: ten eerste hebben veel soorten weinig aanpassingen voor dispersie over lange afstanden en ten tweede produceren veel soorten door de sterk afgenomen populatiegroottes veel minder zaden, die ook nog eens minder vitaal zijn door inteelt (Oostermeijer et al. 1998). Dit dispersieprobleem, dat is gekoppeld aan de sterke versnippering van het areaal heischraal grasland, kan worden opgelost door het aanbrengen van vers maaisel uit goed ontwikkelde heischrale graslanden en/of door het direct uitzaaien van (vitale) zaden. Het succes van deze methode is wisselend. Soorten die zich zo gevestigd hebben in de drie experimenten verspreid over Nederland zijn onder meer fijn schapengras, blauwe knoop, grasklokje, zandblauwtje, muizenoor en stijve ogentroost. Er ontstaat vaak binnen 3-4 jaar een matrix van soorten uit het heischrale milieu. Er zijn ook echter soorten die zich na het opbrengen van maaisel niet hebben gevestigd, zoals echte guldenroede, heidekartelblad, vertakte leeuwentand, liggende vleugeltjesbloem en stijf havikskruid. Vestiging vond ook niet plaats na direct zaaien, zoals bij mannetjesereprijs, hondsviooltje en liggend walstro, echte guldenroede en tandjesgras. Dit laat zien dat ook de kieming en vestiging van de zaden

een knelpunt vormt. Deze hangen samen met kleinschalige verschillen in geschiktheid, maar ook weer met de kwaliteit (kiemkracht en overlevingskans) van de ingebrachte zaden.

Het is dus niet zo eenvoudig om populaties van de grond te krijgen op locaties die bodemchemisch aan de randvoorwaarden van heischraal grasland voldoen, ook niet door middel van het overbrengen van plagjes, zoals is gedaan voor tandjes- en borstelgras. Het onderzoek van Loeb e.a. (2017) naar herstel van heischraal grasland laat zien dat herstel van populaties van karakteristieke soorten lastig is, maar geeft ook inzicht in knelpunten die nog opgehelderd moeten worden om tot een betere herintroductiestrategie te komen.

Doel van het onderzoek

Naar aanleiding van bovenstaande problematiek heeft het Deskundigenteam Nat zandlandschap (DT NZ) Onderzoekcentrum B-WARE, Eichhorn Ecologie en Science4Nature gevraagd een programma op te stellen bestaande uit twee onderdelen. Het eerste onderdeel is gericht op het begeleiden van inrichtingsprojecten 'Uitbreiding Heischraal grasland H6230' die op korte termijn (1 tot 2 jaar vanaf nu) worden uitgevoerd (fase 1). Het hoofddoel van deze projecten is: de realisatie van nieuw heischraal grasland, veelal in de omgeving van bestaand heischraal grasland. Het doel van fase 1 is: het testen van de effectiviteit van het optimaliseren van de abiotische omstandigheden (verwijderen P-rijke bodem, eventueel verhogen buffercapaciteit) en het opstellen van een plan voor herintroductie (maaisel, zaden) dat de vestiging van heischrale plantensoorten bij nieuwvorming van droog en nat heischraal grasland in het Pleistocene zandgebied sterk zal vergroten.

In het tweede deel van het programma (fase 2) staat het meten van de effectiviteit van de voorgestelde herintroductiestrategie, het analyseren daarvan en het terugkoppelen naar een aangepaste, verbeterde herstelstrategie voor nieuwvorming centraal.

Aanpak

De volgende aanpak is (en wordt) gevolgd:

A. Het inventariseren van het areaal nieuwe te vormen heischraal grasland op voormalige landbouwgrond. Het vervolgens bijeenbrengen van beschikbare informatie over abiotiek van deze locaties en opstellen van eventuele kennishiaten betreffende bodembuffering of voedselrijkdom. Uitvoeren van bodemchemisch onderzoek om kennishiaten in de abiotiek weg te nemen. Opstellen advies over mogelijke (aanvullende) maatregelen verbetering abiotiek op de plekken waar dit nog niet gedaan was.

B. Het inventariseren van de beschikbaarheid van maaisel in vier verschillende regio's - overeenkomstig met het Drents, Geldersch, Subcentroop en Kempens floradistrict- en het aan de hand daarvan opstellen van een plan voor de verdeling van maaisel over een vooraf begrensd aantal projecten van het programma op basis van wetenschappelijk gefundeerde keuzen en veldonderzoek van potentiële donorlocaties. De aanpak van de verdeling van maaisel wordt onderdeel van het herintroductieplan voor nieuwvorming van heischraal grasland binnen dit programma, waarbij rekening wordt gehouden met het van nature voorkomen in de regio en de regionale afkomst van het maaisel. Hierbij is het noodzakelijk om de genetische populatiegrootte, en wat daarvan meekomt in het maaisel, mee te nemen in de keuze van bronmateriaal. Dit wordt bij C. bepaald.

C. Analyse van de levensvatbaarheid van restpopulaties van typische, algemenere soorten van heischraal grasland. Dit is noodzakelijk om vast te stellen of deze plantensoorten, die vaak in de laatste 20 jaar flink in verspreiding zijn afgenomen, via herintroductie met zaden in de toekomst in

de nieuw te vormen heischrale graslanden wél tot levensvatbare populaties kunnen uitgroeien. Gekozen is voor de soorten heidekartelblad, valkruid, echte guldenroede, tandjesgras, liggende vleugeltjesbloem, mannetjesereprijs en hondsviooltje. Dit zijn soorten die -behalve echte guldenroede- kensoorten zijn van de klasse, het verbond of de verschillende asscociaties van heischrale graslanden. Deze soorten worden nog redelijk vaak in heischrale graslanden aangetroffen, maar zijn bijna allemaal (zeer sterk) achteruitgegaan. Dit beperkt de mogelijkheden om deze soorten levensvatbaar met maaisel over te brengen naar nieuwe terreinen. Tevens wordt nagegaan voor welke van deze doelsoorten in de toekomst eventueel een kweekprogramma noodzakelijk is. De uitkomsten van dit alles vormen, samen met deel B, de grondslag voor het voorstel (herintroductieplan) voor een verantwoorde herintroductie.

D. Het formuleren van een meetprogramma (flora, populatiebiologie en bodemchemie) voor het vervolgen van de effectiviteit en duurzaamheid van herintroductiemaatregelen bij nieuwvorming van heischraal grasland voor fase 2 van dit programma.

Opzet tussenrapportage

Deze tussenrapportage beslaat een groot deel van fase I van dit project. De rapportage begint in Hoofdstuk 2 met de inventarisatie van voormalige landbouwpercelen die omgevormd worden of recent omgevormd zijn naar heischraal grasland. Hier is in kaart gebracht waar deze percelen liggen, wanneer ze zijn omgevormd of wanneer ze heringericht gaan worden en of er droog of vochtig heischraal grasland wordt verwacht. Ook is de bodemchemische geschiktheid van deze percelen in kaart gebracht. Voor veel van de percelen lag hier al vooronderzoek uit andere projecten. Voor percelen waar dit nog niet het geval was, is dit eerst alsnog gedaan (bijlage 1). Aan beheerders van de percelen is gevraagd of ze maaisel zouden willen gebruiken voor de percelen. Dit hoofdstuk vorm één van de twee pijlers onder het maaiselplan.

Hoofstuk 3 vormt de tweede pijler voor het maaiselplan: hierin worden 16 heischrale graslanden beschreven die bezocht zijn om te onderzoeken op hun geschiktheid als donorterrein voor maaisel.

Omdat er weinig sprake zal zijn van spontane vestiging van heischrale soorten op de voormalige landbouwgronden, wordt in hoofdstuk 4 een visie gegeven op de manieren waarop herintroductie kan worden vormgegeven. Hierin wordt ook ingegaan op de het effect dat zeldzaamheid en verminderde vitaliteit hebben op de effectiviteit van verschillende herintroductiestrategieën.

Hoofdstuk 5 bevat een groot deel van het herintroductieplan voor heischraal grasland op voormalige landbouwgrond. Het eerste deel van het hoofdstuk bestaat uit het maaiselplan, waarin de vraag vanuit de projectgebieden in hoofdstuk 2 en het aanbod vanuit geschikte donorgraslanden uit hoofdstuk 3 worden samengebracht. Hierin is onder andere rekening gehouden met de regio's van vraag en aanbod, de vochtigheid van de heischrale graslanden en, vanwege de schaarste van goed donormaaisel, ook met de abiotische geschiktheid van het projectgebied voor de ontwikkeling van heischraal grasland. Het tweede deel van dit hoofdstuk gaat in op de herintroductie: waar moet op gelet worden bij de keuze van het brondmateriaal, bij verzamelen en opbrengen van maaisel, het verzamelen in inbrengen van zaden en de monitoring van de herintroductie. Het deel van het herintroductieplan dat het onderzoek naar de levensvatbaarheid van de geselecteerde soorten beslaat, zal in de eindrapportage aan dit herintroductieplan worden toegevoegd.

In hoofdstuk 6 wordt uiteengezet wat er in 2021 nog zal gebeuren voor fase 1 van het project.

In hoofdstuk 7 wordt een voorstel gedaan voor een meetprogramma voor fase 2. Hoewel fase 1 nog niet afgerond is, was dit plan wel al nodig voor een tijdige financiering ervan. Fase 2 kan in 2021 starten, waardoor activiteiten voor fase 1 en 2 efficiënt gecombineerd kunnen worden, zoals het

verzamelen van zaden voor fase 2 tijdens het beoordelen van de vitaliteit van populaties aan de hand van de populatiegrootte en zaadproductie voor fase 1. Bij het opstellen van het plan voor fase 2 is rekening gehouden met het verwachte budget dat voor deze fase waarschijnlijk beschikbaar zal komen. Hierdoor is het aantal terreinen dat na herstel gemonitord kan worden, beperkt. In hoofdstuk 7 is ook aangegeven welke projectmatige activiteiten nog meer gewenst zijn om de ontwikkeling van heischraal graslanden op voormalige landbouwgrond te optimaliseren.

2. Selectie van voormalige landbouwpercelen die omgevormd zullen worden naar heischraal grasland

Startlijst van percelen

In aanloop van het Actieplan Heischrale graslanden zijn door de beheerders gebieden aangemerkt waar heischraal grasland zich zou kunnen ontwikkelen na herinrichting van voormalige landbouwpercelen (tabel 2.1).

Tabel 2.1. Uitgangslijst van gebieden waar heischraal grasland zal worden ontwikkeld.

Naam gebied	contactpersoon	opp. nieuw
FRIESLAND		
Schaopedobbe (Dr/Fr Wold)	5.1.2e (IFG)	2 ha
Manderfjild (Bakkeveenseduinen)	5.1.2e (IFG)	0,5 tot 1 ha
Delleboersterheide	5.1.2e (IFG)	15 ha
OVERIJSSEL		
De Borkeld (4 locaties)	5.1.2e (SBB)	5 ha
Enterveen	5.1.2e (SBB)	2 ha
Sallandse Heuvelrug	5.1.2e (SBB)	2 ha
DRENTHE		
Dwingelderveld	5.1.2e (SBB)	2 tot 3 ha
Dwingelderveld / Noordenveld	5.1.2e (NM)	2 tot 4 ha
Havelterberg	5.1.2e (SBB)	2 tot 5 ha
Havelterberg / Holtingerveld	5.1.2e (NM)	3 tot 5 ha
Mantingerveld	5.1.2e (NM)	2 tot 5 ha
De Klencke	5.1.2e (NM)	3 tot 5 ha
Leggelderveld	5.1.2e (NM)	2 tot 4 ha
Vossenberg / Oude Diep	5.1.2e	20 ha
Dr/Fr Wold Oude Willem	5.1.2e (SBB)	10 ha?
Drentse Aa	5.1.2e (SBB)	???
GELDERLAND		
Korenburgerveen	5.1.2e (NM)	2 tot 10 ha
Beekvliet (NM en SBB)	5.1.2e (NM)	2 tot 5 ha
Wooldse Veen	5.1.2e (NM)	2 tot 4 ha
Kootwijk e.o.	5.1.2e (SBB)	< 1 ha
Rijk van Nijmegen	5.1.2e (SBB)	< 1 ha
Willink Weust	5.1.2e (SBB)	< 1 ha
NOORD-BRABANT		
Huis ter Heide	5.1.2e (NM)	2-3 ha

De gebiedenlijst (tabel 2.1) gaf echter geen informatie over de exacte ligging van de om te vormen percelen bij de genoemde natuurterreinen. Ook was er geen informatie over de kwaliteit van deze percelen en het tijdstip waarop omvorming plaatsvindt of heeft plaatsgevonden. Verder vertelt de lijst niet of er droog of vochtig heischraal grasland kan worden ontwikkeld. Allereerst moest daarom in kaart gebracht worden welke percelen het precies betreft. Daarna kon in kaart gebracht worden voor welke percelen er al belangrijke bodemchemische gegevens beschikbaar waren. Hiermee kon vervolgens bepaald worden waar er nog abiotische gegevens nodig zijn. Ook is een dergelijke kaart nodig voor het maaiselplan, waarin besloten moet worden welk maaisel van welk donorterrein beschikbaar is voor welk perceel.

Bij Onderzoekcentrum B-WARE zijn er uit een groot aantal eerdere projecten (Verstijnen et al., 2018a; Verstijnen et al., 2018b; Weijters et al., 2019b; Weijters et al., 2019a; Weijters et al., 2020; Van Mullekom et al., 2017; Van Mullekom et al., 2016; Loeb & Bobbink, 2017; Van Mullekom & Smolders, 2015; Weijters & Bobbink, 2010; Weijters & Bobbink, 2009; Loeb & Brouwer, 2009) bodemchemische gegevens beschikbaar uit een deel van de gebieden van tabel 2.1. Ook zijn er twee rapportages van Alterra/WENR beschikbaar over de bodemchemie in Willinks Weust (Van Delft et al., 2010; Van Delft, 2018). Deze percelen waar bodemchemische gegevens van beschikbaar zijn, zijn op kaart gezet. Het bodemchemisch advies betrof niet alleen percelen waarvan de beheerders hoopten dat ze omgevormd zouden kunnen worden naar heischraal grasland; vaak werden deze onderzoeken uitgevoerd met een algemenere vraag over de potenties. Daarom is er vaak pas na het advies door de betreffende beheerders besloten wat de doelstelling voor welk onderzocht perceel zou worden. Welke percelen hiervan omgevormd zouden worden naar heischraal grasland, moest dus achterhaald worden door overleg met de beheerders. Daarnaast was er ook een klein aantal percelen waarvan de beheerders aangaven dat ze deze graag zouden willen omvormen naar heischraal grasland, maar waar nog geen bodemchemische gegevens van beschikbaar waren en waarvoor in hoofdstuk 3 nog bodemchemische analyses zijn uitgevoerd. Percelen waar geen intenties waren tot het omvormen naar heischraal grasland, zijn dus weggestreept van de kaart.

Overleg met beheerders

De betrokken terreinbeheerders zijn vervolgens benaderd om te achterhalen of er op de percelen die in alle genoemde bodemchemische onderzoeken meegenomen waren, daadwerkelijk heischraal grasland ontwikkeld is of gaat worden. Er is ook gevraagd of er nog gebieden of percelen op de lijst ontbraken. Aan de hand hiervan, en door inbreng van andere enthousiaste beheerders die ook heischraal grasland ontwikkelen op voormalige landbouwgrond, zijn er nieuwe terreinen aan de kaart toegevoegd. Daarbij is de nadruk gelegd op gebieden waar droog heischraal grasland ontwikkeld wordt, omdat het door het beperkt aanbod van maaisel uit goedontwikkeld droog heischraal grasland noodzakelijker is dit maaisel op een goede manier regionaal te verdelen. Dit heeft uiteindelijk geleid tot de in tabel 2.2 opgenomen lijst van gebieden. In totaal zijn 24 terreinen opgenomen (figuur 2.1). In deze terreinen zijn 148 percelen, clusters van perceelsdelen of delen van percelen opgenomen. Al deze percelen zijn handmatig ingetekend op een kaart (QGIS 3.10.2). Het betreft hier dus percelen waarvan de betreffende beheerders hebben aangegeven ze om te willen vormen naar heischraal grasland en waarvan al dan niet bodemchemische gegevens van beschikbaar waren.

Tabel 2.2. Terreinen waarin landbouwgrond omgevormd wordt of recentelijk omgevormd is naar heischraal grasland.

Regio	Terrein	Beheerder(s)	# percelen of perceelsdelen
Noord	Canada	SBB	2
	Dellebusterheide	It Fryske Gea	7
	Dwingelderveld	NM/SBB	21
	Ellersinghuizerveld	NM	1
	Havelterberg/Holtingerveld	NM/SBB/ Provincie Drenthe	15
	Leggelderveld	It Fryske Gea	1
	Mandeveld	It Fryske Gea	4
	Oude Willem	SBB	2
	Schaopedobbe	It Fryske Gea	3
	Vijftig Bunder	NM	3
	Vossenberg	Drents Landschap	9
	Witterveld	Defensie	3
Oost	Beekvliet	NM	12
	De Borkeld	SBB	9
	Korenburgerveen	NM	15
	Manderheide	Landschap Overijssel	6
	Sallandse heuvelrug	SBB	2
	Willinks Weust	SBB	6
	Wooldse Veen	NM	12
Centraal	Assel	SBB	1
	Kroondomein	Kroondomein	3
	Stroe	SBB	1
Zuid	Kampina	NM	3
	Huis ter Heide	NM	5

60241 0030

Figuur 2.1. Ligging terreinen waarin voormalige landbouwgrond omgezet wordt naar heischraal grasland.

Aan de betreffende beheerders zijn de volgende vragen gesteld:

1. Voor welke van deze percelen is het doel 'heischraal grasland'?
2. Is het doel droog of juist vochtig heischraal grasland?
3. Zijn er in het gebied nog meer percelen die omgevormd worden/zijn naar heischraal grasland, maar die nog niet op de kaart staan?
4. Is er binnen de aangegeven percelen slechts een klein oppervlak geschikt voor heischraal grasland, dan graag op kaart aangeven.
5. Wanneer is de herinrichting uitgevoerd/gaat deze uitgevoerd worden?
6. Als er ontgrond is/wordt, hoeveel centimeter is/wordt er dan ongeveer verwijderd?
7. Is er in het verleden maaisel of zaad aangebracht op het perceel? Zo ja, wanneer en waarvandaan?
8. Is er na herinrichting bekalkt?
9. Wat is/wordt het beheer op het perceel?
10. Zijn er al soorten op het perceel die een ontwikkeling richting heischraal grasland aangeven?
11. Is er behoefte aan maaisel uit het maaiselplan?

Verdeling over regio's

De gegevens uit de vragenlijst aan de beheerders zijn samen met relevante beschikbare bodemchemische gegevens opgenomen in een database en gekoppeld aan de vlakken op de kaart (figuur 2.2.). Niet alle vragen over alle percelen werden beantwoord. In zoverre dit van belang is, zal hier in 2021 nog achteraan gegaan worden.

In totaal werd 230 ha aan percelen aangemerkt als toekomstig heischraal grasland. Doordat sommige beheerders aan konden geven dat er maar een beperkt deel van een perceel omgezet wordt naar heischraal grasland, omdat er sprake is van een gradiënt in het perceel, wordt ingeschat dat er maximaal 222 ha heischraal grasland kan worden gecreëerd. Soms wordt er door de aanwezigheid van een gradiënt in een perceel zowel droog als vochtig heischraal grasland verwacht. De herinrichtingsprojecten voor heischraal grasland zijn niet gelijkelijk verdeeld over de regio's. Het grootste oppervlak aan heischraal grasland zal worden gecreëerd in het noorden, waar maar liefst meer dan 200 hectare gecreëerd wordt of is (tabel 2.3). Hier dragen met name het Holtingerveld, de Dwingelderveld en Oude Willem aan bij. Ook in het oosten zijn veel herinrichtingsprojecten. In Centraal- en Zuid-Nederland is het aantal bij ons bekende projecten beperkt.

Tabel 2.3. Verdeling van om te vormen en omgevormde voormalige landbouwpercelen naar heischraal grasland in de vier onderscheiden regio's met daarbij het verwachte type heischraal grasland.

Regio	Type heischraal grasland	Geschat #hectare
Noord	Droog	177,5
	Vochtig	34,0
	Droog+vochtig	49,5
	Onbekend	38,1
Oost	Droog	37,8
	Vochtig	49,3
	Droog+vochtig	1,8
Centraal	Droog	0,2
	Vochtig	5,3
	Onbekend	7,0
Zuid	Droog	18,1
	Vochtig	1,1

Bodemchemische kwaliteit

Heischraal grasland wordt gekenmerkt door een lage nutriëntenbeschikbaarheid (P-Olsen circa 200-500 µmol/l bodem) en een intermediaire pH (3,5 - 5,0 pH-NaCl) en buffering (30-60 %) van de bodem. Op voormalige landbouwgronden is de nutriëntenbeschikbaarheid te hoog door jarenlange bemesting. In tegenstelling tot in veel natuurterreinen is de buffering op voormalige landbouwgronden juist wel vaak toereikend. Deels komt dit doordat de percelen jarenlang bekalkt zijn behoeve van de landbouw, deels doordat er na ontgronden van deze landbouwgronden materiaal aan het oppervlak komt dat nog niet verzuurd is door de verhoogde stikstofdepositie.

Van een aantal percelen waren nog geen of niet voldoende bodemchemische gegevens beschikbaar. Dit betrof percelen in het Mandeveld, Dellebuusterheide, Schaopedobbe, Oude Willem, Ellersinghuizerveld, Vossenberg&Hamveld, Manderheide, Kroondomein, Assel, Stroe, Huis ter Heide en Kampina. In het najaar 2020 zijn deze percelen alsnog bemonsterd, op Oude Willem en Ellersinghuizerveld na. Deze gebieden moeten in het eerste kwartaal van 2021 nog bemonsterd worden. De resultaten van deze bemonstering worden in hoofdstuk 3 beschreven. In onderstaande tekst zijn de resultaten van deze bemonsteringen al meegenomen, net als de resultaten van de bodemchemische metingen die reeds beschikbaar waren van de percelen die als doelstelling heischraal grasland hadden.

Voorbeeldkaart P-beschikbaarheid

Figuur 2.2. Met de gekoppelde abiotische gegevens kunnen concentraties op verschillende dieptes (mits gemeten) in beeld worden gebracht. Als voorbeeld hier de P-Olsen-concentraties in de bovenste 10 cm in het Wooldse Veen voorafgaand aan de herinrichting.

Als basis voor de abiotische data zijn twee typen bodemchemische onderzoeken gebruikt: enerzijds zijn dit onderzoeken die pas zijn uitgevoerd na herinrichting inclusief ontgronden, anderzijds zijn dit onderzoeken die zijn uitgevoerd voorafgaand aan de herinrichting met het doel om advies te geven over de maatregelen die bij herinrichting genomen zouden moeten worden. Op de voormalige landbouwgronden die voorafgaand aan de herinrichting bemonsterd zijn valt op dat er zeer hoge waarden voor fosfaatrijkdom, tussen circa 1100 en 3200 µmol P-Olsen/l bodem in de bovenste 10 cm van de bodem, gemeten zijn (figuur 2.3). Dit zijn waarden die alleen via afgraven van de toplaag zodanig verlaagd kunnen worden dat er binnen termijn van enkele decennia heischraal grasland kan worden ontwikkeld.

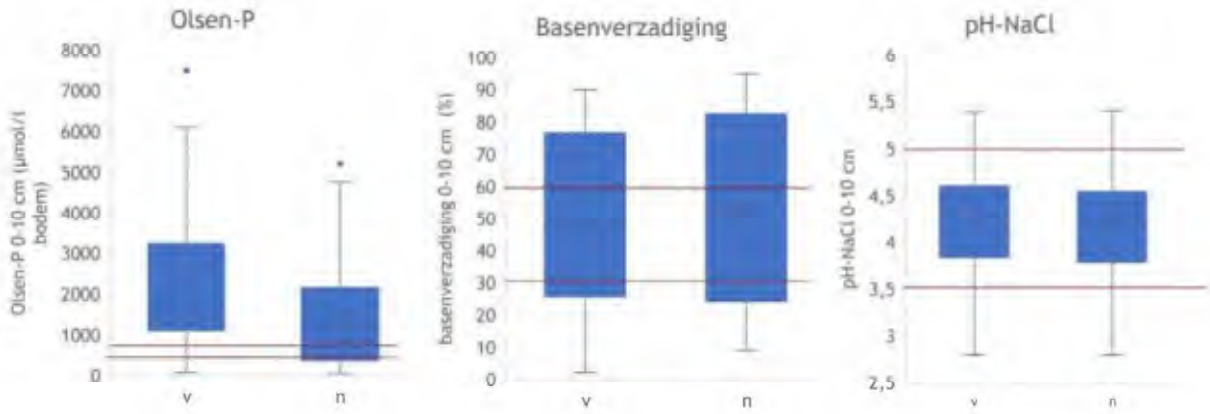
In de bodem van de percelen die onderzocht zijn na herinrichting, dit zijn dus andere percelen dan die onderzocht zijn voorafgaand aan herinrichting, bleek er nog steeds erg veel fosfaat aanwezig in de toplaag. Slechts van een beperkt deel van de percelen lag de fosfaatconcentratie in de toplaag beneden 400-500 µmol/l bodem, de maximale streefconcentratie voor heischraal grasland. Dit betekent dat op veel van de percelen waar beheerders heischraal grasland zouden willen ontwikkelen, nog steeds te voedselrijk zijn. Hier zijn verschillende mogelijke oorzaken voor:

1. Een eerste reden is dat er voorafgaand na herinrichting geen onderzoek is verricht is om te bepalen tot waar er moet worden afgegraven, waardoor er te weinig is afgegraven om het doel te bereiken.

2. Een tweede oorzaak is dat er bewust voor gekozen is om slechts tot een beperkte diepte af te graven, bijvoorbeeld omdat er geomorfologische of archeologische waarden zijn waar rekening mee gehouden moet worden, of omdat het maaiveld anders onder de waterspiegel komt te liggen.
3. Daarnaast zitten er percelen in de database waarvan nog advies gegeven moest worden of het ontwikkelen van heischraal grasland een optie is. Voor een deel blijkt dat geen realistische optie te zijn (zie bijlage 1).
4. Ook kan het zijn dat beheerders wel kansen zien op een klein, niet-representatief deel van het onderzochte perceel, maar dat er op dit kleine deel niet specifiek bemonsterd is, waardoor het kan zijn dat de voedselrijkdom hier afwijkt van de gemeten (gemiddelde) waarden.

Uit eerder onderzoek naar de ontwikkeling van droog heischrale graslanden op voormalige landbouwgrond blijkt dat er soms kansen zijn voor de ontwikkeling van droog heischraal grasland bij een hoge fosfaatbeschikbaarheid zolang de stikstofbeschikbaarheid laag is (Loeb et al., 2013). Het betrof daarbij graslanden met een Olsen-P-concentratie tussen 800 en 1500 (tot 2500) µmol/l bodem. Het is echter nog niet duidelijk of deze ontwikkeling duurzaam is; enerzijds omdat er in het begin van de ontwikkeling nog weinig competitie is tussen kenmerkende heischrale soorten en snelgroeiende soorten, anderzijds doordat de verhoogde stikstofdepositie op den duur de stikstoflimitatie van de vegetatie op kan heffen. Er is ook nog weinig bekend over de rol van (gebrek aan) vocht en en de rol van de pH hierin; Mogelijk is op zeer droge bodems vocht sturender voor de biomassaproductie dan nutriëntenconcentraties. Ook is niet duidelijk of een hoge fosfaatconcentraties een kleinere rol spelen in de productiviteit bij een lagere pH dan bij een neutralere zuurgraad. Dit vraagt om nader onderzoek. Vooralsnog lijkt het onverstandig om bij de herinrichting van percelen voor heischraal grasland bij voorbaat aan te nemen dat een goede ontwikkeling mogelijk is bij een Olsen-P-concentratie boven 500 µmol/l bodem.

Voor zowel de ontgronde als de niet-ontgronde percelen bleek de basenverzadiging en bodem-pH over het algemeen binnen de range te liggen die gemeten wordt in goed ontwikkelde heischrale graslanden. Een uitzondering vormen met name voormalige bosbodems, waar de pH-NaCl onder de strooisellaag beneden de 3,0 kan liggen, en ook de basenverzadiging laag is. Voor percelen met te weinig buffering die verder wel voldoen aan de voorwaarden voor heischraal grasland, is in respectievelijke bodemchemische onderzoeken een bekalkingsadvies gegeven. Verder valt op dat er ook percelen zijn met een te hoge pH en basenverzadiging. Hier kan ook geen heischraal grasland ontwikkeld worden, maar mogelijk wel een gebufferder vorm van schraalgrasland, mits de voedselrijkdom laag genoeg is.



Figuur 2.3. Concentraties Olsen-P, de basenverzadiging en de pH-NaCl van percelen die voorafgaand (v) bemonsterd zijn, en van percelen die na (n) herinrichting bemonsterd zijn. Rode lijnen geven de grenswaarden voor heischraal grasland weer.

Aan de hand van de beschikbare bodemchemische data in de database is vervolgens beoordeeld of de geselecteerde percelen een goede, matige of slechte abiotische geschiktheid hebben voor de ontwikkeling van heischraal grasland na herinrichting. Hierbij is er van uitgegaan dat de aanbevelingen voor herinrichting gevolgd zullen worden voor de terreinen die nog heringericht moeten worden. Het gaat dan om zowel de ontgrondingsdiepte als het bekalkingsadvies. Alleen als de beheerders hebben aangegeven dat de herinrichting anders plaatsvindt, is hier niet vanuit gegaan. Ook voor reeds heringerichte terreinen is er van uitgegaan dat er nog bekalkt wordt, als dit deel uitmaakt van het herinrichtingsplan en dit nog niet is gedaan. Bij de beoordeling is alleen gekeken naar de abiotische kwaliteit voor heischraal grasland en niet naar de kwaliteit voor andere habitattypen. Sommige percelen die abiotisch minder geschikt zijn voor heischraal grasland, hebben bijvoorbeeld wel een geschikte kwaliteit voor blauwgrasland of droge heide. Voor de meeste percelen die als matig of slecht beoordeeld werden, is echter de voedselrijkdom te hoog, ook voor de ontwikkeling van andere doeltypen zoals blauwgrasland. Het predicaat 'matig' is gebruikt voor percelen die een iets te hoge voedselrijkdom hadden (tot ca 1500 µmol P-Olsen/l) of een pH of basenverzadiging die net iets te hoog of te laag was voor een goed ontwikkeld heischraal grasland. Wanneer de fosfaatrijkdom hoger dan 1500 µmol P-Olsen/l was en/of gecombineerd was met een te lage of te hoge pH en basenverzadiging, dan werden de bodemchemie als 'slecht' beoordeeld.

In totaal werd de bodemchemie van 56 hectare als zeer geschikt beoordeeld voor droog heischraal grasland, 3 hectare voor gecombineerd droog en vochtig heischraal grasland en 17,1 hectare voor vochtig heischraal grasland (tabel 2.4). Enerzijds lijkt dit op een totaal van meer dan 200 hectare (tabel 2.3) misschien weinig, zeker met het besef dat dit hoger had kunnen zijn als er bij de herinrichting afdoende fosfaathoudend materiaal was afgevoerd, anderzijds is 56 hectare een veelvoud van wat er nu nog aan goed ontwikkeld droog heischraal grasland in natuurterreinen aanwezig is (zie hoofdstuk 3). Kansrijke percelen, zijn nu aanwezig in Beekvliet, De Borkeld, Dwingelderveld, Havelterberg/Holterveld, Manderheide, Sallandse heuvelrug, Schaopedobbe, Korenburgerveen, Kampina, Manderheide, Vijftig Bunder, Vossenberg, Willinks Weust en Wooldse Veen.

Tabel 2.4. Ingeschatte bodemchemische geschiktheid voor de geplande oppervlakten aan verschillende typen heischraal grasland.

Gepland type heischraal grasland	Bodemchemische geschiktheid	Geschat #hectare
Droog	Goed	56,0
	Matig	133,2
	Slecht	42,2
	Onbekend	3,0
Vochtig	Goed	17,2
	Matig	44,8
	Slecht	22,3
Droog+vochtig	Goed	3,0
	Matig	32,4
	Slecht	1,9
	Onbekend	19,3
Onbekend	Slecht	45,1

Naar een maaiselplan

Voor een maaiselplan is maaisel benodigd van goed ontwikkeld heischraal grasland. De graslanden die hiervoor beschikbaar zijn, zijn in hoofdstuk 3 in kaart gebracht. In de komende maanden moet het beschikbare maaisel gekoppeld worden aan de percelen waar het maaisel opgebracht moet worden. In tabel 2.5 is aangegeven voor welke regio's en voor welk type heischraal grasland maaisel benodigd is. Maaisel is niet overal door de beheerders gewenst, aangezien er op sommige percelen al maaisel is aangebracht. Voor enkele percelen, bijvoorbeeld in het Korenburgerveen, is in 2020 al maaisel betrokken via het beknopt maaiseloverzicht dat voor dit project is opgesteld voor de Achterhoek en Drenthe (Eichhorn, 2020). Voor sommige percelen moet nog uitsluitsel gegeven worden of er maaisel nodig is. Aangezien vers maaisel ongeveer 1:1 moet worden aangebracht (Loeb et al., 2013) en de hoeveelheid beschikbaar maaisel sterk beperkt is ten opzichte van de hoeveel gevraagd maaisel (hoofdstuk 4), zullen er keuzes in moeten worden gemaakt. Hiervoor zijn verschillende opties die alleen of in combinatie zouden kunnen worden gebruikt:

1. Een van de keuzes zou het meewegen van de bodemchemische geschiktheid, zoals hierboven weergegeven, kunnen zijn. Als er voor gekozen zou worden om alleen abiotisch zeer geschikte locaties van maaisel te voorzien, is er voor minimaal 21 hectare droog heischraal grasland maaisel benodigd, voor 0,7 hectare vochtig heischraal grasland en voor 3 hectare gecombineerd heischraal grasland. Voor een dergelijke keuze moet wel meegewogen worden dat er in de andere terreinen mogelijk ook kansen liggen, onder meer omdat heischraal grasland vaak op gradiënten van zuur (heide) naar gebufferd (o.a. blauwgrasland/ droog schraalland) voorkomt, waardoor in gebieden met gradiënten de kansen mogelijk beter zijn dan dat deze op perceelsschaal in kaart zijn gebracht.
2. Een ander criterium kan zijn of de herinrichting zeer recent is uitgevoerd. Is deze al enkele jaren geleden uitgevoerd, dan kan het zijn dat het terrein al zover is dichtgegroeid dat kieming vanuit maaisel lastiger verloopt en er eerst andere maatregelen nodig zijn om goed met maaisel te kunnen werken.
3. Ook kan met de betreffende beheerders overlegd worden of het maaisel echt in het gehele betreffende vlak moet worden toegepast, of dat dit maar voor een klein deel van het perceel nodig is. Hiermee kan maaisel worden uitgespaard.
4. Ten slotte moet meegewogen worden of het in te richten percelen geïsoleerd liggen, of juist tegen bestaand natuurterrein met heischraal grasland aan liggen. Het toedienen van het maaisel zou dan een tweeledig doel hebben: niet alleen het uitbreiden van het oppervlak van heischraal grasland, maar ook het demografisch en genetisch versterken van de kwaliteit van het bestaande populaties is heischrale grasland doordat er uitwisseling van stuifmeel en zaad plaats kan vinden (Van der Zee et al., 2017).

60241 0030

Tabel 2.5. Overzicht van het oppervlak waarvoor maaisel gewenst is in de verschillende regio's voor de geplande typen heischraal grasland.

Regio	Bodemchemische geschiktheid	Type heischraal grasland	Maaisel gewenst	Geschat #hectare
Noord	Goed	Droog	Ja	17,8
			Onbekend	13,3
		Vochtig	Onbekend	2,0
		Droog+vochtig	Ja	3,0
	Matig	Droog	Ja	4,8
			Nee	0,6
			Onbekend	122,8
		Vochtig	Onbekend	12,7
		Droog+vochtig	Ja	7,8
			Nee	3,8
			Onbekend	13,7
	Slecht	Droog	Onbekend	18,3
		Vochtig	Ja	19,3
		Droog+vochtig	Ja	1,9
		Onbekend	Onbekend	38,1
	Onbekend	Droog+vochtig	Ja	19,3
Oost	Goed	Droog	Ja	3,6
			Onbekend	21,4
		Vochtig	Ja	0,7
			Nee	14,3
	Matig	Droog	Ja	4,9
		Vochtig	Ja	8,3
			Nee	23,9
		Droog+vochtig	Ja	0,8
			Onbekend	1,0
	Slecht	Droog	Onbekend	5,0
		Vochtig	Ja	2,0
	Onbekend	Droog	Ja	3,0
Centraal	Matig	Droog	Onbekend	0,2
		Droog+vochtig	Ja	5,3
	Slecht		Onbekend	7,0
Zuid	Goed	Vochtig	Onbekend	0,1
	Slecht	Droog	Onbekend	18,9
		Vochtig	Onbekend	1,0

3. Overzicht van donorgraslanden voor het ontwikkelen van heischraal grasland

Vooraf moet worden opgemerkt dat dit overzicht van geschikte donorgraslanden voor het ontwikkelen van heischraal grasland nog niet compleet is. Op basis van de beschikbare gegevens is een selectie gemaakt van de belangrijkste potentiële donorgraslanden, met inachtneming van een zo goed mogelijke spreiding over Nederland en de gradiënt vochtig - droog. De selectie van terreinen is echter mede bepaald door de (tijdige) levering van de benodigde gegevens door de terreinbeheerders.

Voor herintroductie en de verspreiding van maaisel uit donorgraslanden is er binnen Nederland onderscheid gemaakt in vier regio's, die corresponderen met de vier grote deelgebieden van de hogere zandgronden in de indeling van fysisch-geografische regio's. Deze regio's vallen bovendien grotendeels samen met de floradistricten die er worden onderscheiden (Duistermaat, 2020). Ook in dit overzicht van donorgraslanden wordt deze indeling in vier regio's gebruikt.

Het gaat om de volgende regio's:

- Noord-Nederland
- Oost-Nederland
- Centraal-Nederland
- Zuid-Nederland

In twintig natuurgebieden zijn er op basis van de beschikbare gegevens terreinen beoordeeld op hun geschiktheid als donorgrasland. Deze geschiktheid is allereerst beoordeeld op de aanwezigheid en abundantie van kenmerkende soorten van heischrale graslanden, waarbij gebruik is gemaakt van de lijst van "heischrale soorten" in bijlage 1 van Van de Zee et al. (2017). Dit betekent dat in sommige gevallen ook terreinen zijn opgenomen, waarvan de vegetatie strict genomen niet tot heischraal grasland (r19) wordt gerekend, maar waarin heischrale soorten wel voldoende voorkomen om geschikt te zijn als donorgrasland. Meestal gaat het daarbij om blauwgrasland (r16Aa1) of vegetaties van droge graslanden op zandgrond (r14) met relatief veel heischrale elementen. Bij het ontwikkelen van heischraal grasland wordt maaisel van zulke vegetaties bij voorkeur gebruikt in aanvulling op maaisel van een echt heischraal grasland. Ze zijn opgenomen in het overzicht omdat er te weinig echt heischraal grasland beschikbaar is voor maaisel. Daarbij komt dat ook veel projectlocaties abiotisch gezien niet alleen kansen bieden voor heischraal grasland, maar ook voor drogere en/of nattere plantengemeenschappen.

Omdat veel donorgraslanden heischrale soorten van zowel droog als van vochtig heischraal grasland herbergen, zijn ze voor beide typen heischraal grasland beoordeeld op hun geschiktheid. Bij de beoordeling zijn echter ook andere factoren dan de aanwezigheid en abundantie van de heischrale soorten zelf meegewogen, zoals de maaibaarheid van het terrein en de aanwezigheid en abundantie van ongewenste soorten, zoals late guldenroede en jacobskruidkruid. Ook meegewogen is de abundantie van jonge opslag van houtige planten en die van kruidachtige planten die geen gewenste zaden opleveren, maar wel veel maaisel, waardoor de gewenste zaden van heischrale soorten sterk worden verdund in het maaisel en er erg veel maaisel moet worden getransporteerd van donorgraslanden naar projectlocatie om voldoende zaden te kunnen overbrengen.

60241 0030

In tabel 3.1 zijn de meest relevante kenmerken van de onderzochte gebieden weergegeven. Wat allereerst opvalt is dat er veel geschikte donorgraslanden bekend zijn in de regio's Noord- en Oost-Nederland, en dat er veel minder bekend zijn van Centraal- en met name Zuid-Nederland. Voor een deel is dit waarschijnlijk te verklaren doordat hier minder geschikte donorgraslanden zijn, maar er is op dit moment ook veel minder informatie beschikbaar om te beoordelen waar geschikte terreinen zijn, omdat de focus van het project tot nu toe vooral heeft gelegen op Noord- en Oost-Nederland. Een inhaalslag voor beide andere regio's is dit opzicht dus gewenst.

*Tabel 3.1. Overzicht van de natuurgebieden met heischraal grasland die zijn onderzocht op hun geschiktheid als donorgrasland. Achter elk gebied is de kwaliteit van het maaisel en het oppervlak (ha) van het donorgrasland aangegeven voor droog en vochtig heischraal grasland afzonderlijk. Kwaliteit: +++ = zeer goed; ++ = goed; + = vrij goed; ? = op basis van de verzamelde gegevens niet goed in te schatten. * De vegetatie betreft geen heischraal grasland, maar bepaalde heischrale soorten komen wel veel voor, waardoor het maaisel vooral bruikbaar in aanvulling op maaisel van echt heischraal grasland.*

	Droog	Opp. (ha)	Vochtig	Opp. (ha)
Noord-Nederland				
1. Schaopedobbe	++	0,23		
2. Delleboersterheide	+	0,21	++	0,79
3. Mandefjild	?		?	
4. Eexterveld			++	5,1 + 1,6*
5. Havelterberg SBB	+	3,2		
6. Kleine startbaan	+++	1,1	+	0,36
7. Arnicaveld	++	0,14	+	0,14
8. Grote startbaan	?		?	
Oost-Nederland				
9. Punthuizen	+	0,29	+	2,5
10. Dal vd Mosbeek	+	< 0,5	+	< 0,5
11. Manderheide	+	11*		
12. De Borkeld	++	0,49	++	0,70
13. Stelkampsveld			++	1,0
14. Willink Weust	++	0,81	+++	0,81
15. Korenburgerveen			++	1,6
16. Kienveen			+	1,6*
Centraal-Nederland				
17. Staverdense leemputten			++	1,3
18. Hoge Veluwe	++	?		
19. Legerplaats Harskamp	?			
Zuid-Nederland				
20. Groote heide	?*			

60241 0030

Bespreking donorgraslanden per regio en natuurgebied

Hierna worden alle heischrale graslanden besproken die zijn onderzocht op hun geschiktheid als donorgrasland. Ze worden per regio en daarbinnen per natuurgebied besproken in de volgorde van het overzicht van tabel 3.1. Na een korte beschrijving van het natuurgebied zelf worden de terreinen besproken die nader zijn onderzocht en beoordeeld. Als er een veldbezoek heeft plaatsgevonden, dan is de exacte ligging van de terreinen aangegeven op een luchtfoto en zijn er één of meer Tansley-opnames weergegeven in een bijbehorende tabel in Bijlage 2. In totaal zijn er 27 deelgebieden in kaart gebracht in de 15 natuurgebieden die er zijn bezocht. Hiervan zijn 16 Tansley-opnames van de kruidlaag gemaakt, met in aanvulling daarop nog 11 gedeeltelijke opnames waarin alleen voor de meest relevante soorten een Tansley-score voor de abundantie is genoteerd. Op basis van de voorgaande informatie is de geschiktheid van de terreinen beoordeeld en toegelicht.

Aan de hand van het overzicht van natuurgebieden met heischraal grasland in tabel 3.1 kunnen per regio de beste donorgraslanden worden geselecteerd voor zowel droog als vochtig heischraal grasland. Vervolgens is op basis van de bespreking per natuurgebied vast te stellen waar het maaisel kan worden verzameld en welke soorten voorkomen in dit donorgrasland, aan de hand van een figuur met de begrenzing van de donorgraslanden en bijlage 2 met vegetatieopname(s) van de aangegeven terreinen.

Noord-Nederland

In het noordelijke zandgebied zullen naar verwachting de meeste herstelprojecten gaan plaatsvinden (zie hoofdstuk 2). It Fryske Gea heeft hiervoor floristische gegevens aangeleverd van Schaopedobbe, Delleboersterheide en Mandefjild. De eerstgenoemde twee natuurgebieden zijn bezocht in het veld. Staatsbosbeheer Drenthe heeft gegevens aangeleverd van Havelterberg en het Eexterveld. Beide natuurgebieden zijn eveneens in het veld bezocht. Defensie heeft gegevens geleverd van Holtingerveld. Daarvan zijn de Kleine Startbaan en de Arnicaveld in het veld bezocht. Natuurmonumenten heeft gegevens geleverd over de Grote Startbaan. Andere interessante terreinen in het noorden zijn: Van Oordt's Mersken en Wijnjeterperschar in Friesland, en in Drenthe enkele terreinen bij Gasselte (WMD, Van Hemmen en berm N34), Buinerveld, Odoornerdennen, Bovenveengraslanden Bargerveen, Spoorberm Boerveense plassen en Eekmaten Wijster. Van Groningen zijn er geen mogelijke donorgraslanden bekend.

60241 0030

Figuur 3.1. Begrenzing donorgrasland in Schaopedobbe (geel = alleen voor droog).

Schaopedobbe

Beschrijving gebied

Schaopedobbe is een natuurgebied van It Fryske Gea dat onderdeel uitmaakt van Natura-2000-gebied Drents-Friese Wold & Leggelderveld. Het ligt ten zuiden van Oosterwolde in het zuidoosten van Friesland en is onder meer bekend door het voorkomen van een van de grootste oorspronkelijke populaties van het uiterst zeldzame Valkruid in Nederland. Op basis van de laatste vegetatiekartering (Jager, 2016) zijn enkele terreinen geselecteerd voor het veldbezoek, waarvan er twee zijn aangemerkt als donorgrasland.

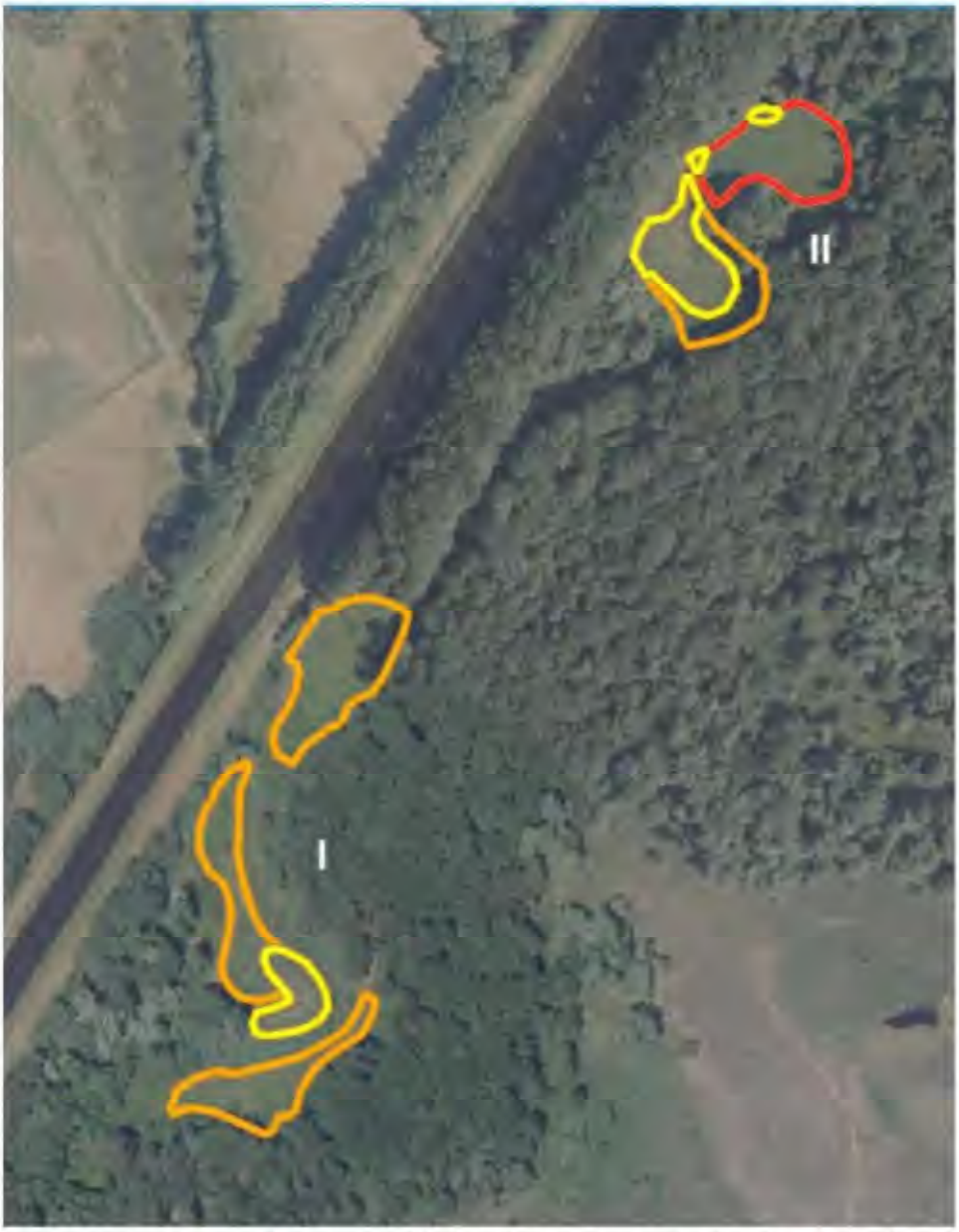
Beschrijving percelen

Binnen dit gebied is van twee droge heischrale graslanden een vegetatie-opname gemaakt (figuur 3.1 en tabel 1). Direct ten westen van het ven ligt een zeer klein terreintje, (Schaopedobbe II, 0,03 ha), dat in het veld opvalt door de aanwezigheid van bijzonder veel blauwe knoop. Wat verder naar het noordwesten ligt een groter heischraal grasland (Schaopedobbe I, 0,20 ha) met veel meer kenmerkende soorten, maar juist weer geen blauwe knoop. Valkruid komt in beide terreinen vrij veel voor.

Geschiktheid percelen

Schaopedobbe I herbergt veel heischrale soorten die met maaisel kunnen worden overgebracht. De meeste van deze soorten zijn echter niet erg talrijk, zodat het begrensde deel in zijn geheel geoogst

moet worden om het aanwezige soortenspectrum goed te dekken. In Schaopendobbe II groeien relatief weinig soorten, maar maaisel hiervan is een waardevolle aanvulling op het grotere terrein, met name vanwege blauwe knoop en valkruid.



Figuur 3.2. Begrenzing donorgrasland in Delleboersterheide (geel = alleen voor droog; oranje = voor droog en vochtig; rood = alleen voor vochtig).

Delleboersterheide

Beschrijving gebied

Delleboersterheide is een natuurgebied van It Fryske Gea aan de oostzijde van de rivier De Tsjonger bij Oldeberkoop, in het zuidoosten van Friesland. Het gebied is geen onderdeel van Natura 2000. Op basis van de laatste vegetatiekartering (Jager, 2014) zijn enkele terreinen geselecteerd voor het veldbezoek.

Beschrijving percelen

Binnen dit gebied zijn vegetatieopnames gemaakt van twee dicht bij elkaar gelegen terreinen aan de westzijde, dichtbij De Tsjonger (figuur 3.2 en tabel 2). Beide terreinen omvatten zowel droog als vochtig heischraal grasland. Hoewel de grenzen in het veld niet overal scherp zijn, is toch geprobeerd om in figuur 3.2 aan te geven waar vooral droog heischraal grasland aanwezig is.

Geschiktheid percelen

Beide terreinen zijn geschikt als donorgrasland omdat een aantal landelijk gezien algemene soorten als tormentil ook hier in flinke aantallen voorkomen. De in landelijk opzicht meer zeldzame soorten als heidekartelblad zijn ook in deze terreintjes niet erg algemeen, zodat aan te raden is om deze soorten in aanvulling op het maaisel handmatig te oogsten en in te zaaien.

Mandefjild

Het Mandefjild is onderdeel van het Natura-2000-gebied Bakkeveense Duinen bij Bakkeveen in het oosten van Friesland. De gegevens in de laatste vegetatiekartering (Buro Bakker, 2016) suggereren dat de meest geschikte donorgraslanden langs de Nije Drintse Wei ten oosten van de Harmsdobbe liggen. Deze terreinen zijn niet in het veld bezocht en daardoor niet goed te beoordelen. Ze lijken hooguit geschikt om te gebruiken in aanvulling op de bezochte terreinen in Schaopedobbe en Delleboersterheide.

*Figuur 3.3. Begrenzing donorgrasland in Eexterveld (rood = alleen voor vochtig). De met * aangeduide gedeelten zijn vooral geschikt in aanvulling op de andere gedeelten.*

Eexterveld

Beschrijving gebied

Het Eexterveld ligt ten noorden van Anderen in het Natura-2000-gebied Drentse Aa, in het noordoosten van Drenthe. Het gebied omvat veel vochtig heischraal grasland. Er is één vegetatie-opname gemaakt, van het deel waar de meeste percelen bijeen liggen in het zuiden van dit natuurgebied. Dit gebied is vooraf geselecteerd op basis van de laatste vegetatiekartering (Everts et al., 2016, 2017).

Beschrijving percelen

De vegetatie-opname omvat ongeveer zeven percelen die in soortensamenstelling vrij goed met elkaar overeenkomen. Het gaat om vochtig heischraal grasland met veel elementen uit de Klasse van de matig voedselrijke graslanden (figuur 3.3 en tabel 3). De graslanden verschillen enigszins in de mate waarin die niet-heischrale elementen op de voorgrond treden. Daarom is op het kaartje aangegeven in welke gedeelten het om de meest typische vorm van vochtig heischraal grasland gaat, maar daarbij moet direct worden opgemerkt dat bijvoorbeeld Heidekartelblad juist vooral in de minder "zuivere" heischrale graslanden gevonden werd.

Geschiktheid percelen

In het gebied bevinden zich veel percelen die geschikt zijn als donorgrasland. Veel heischrale soorten zijn over grote oppervlaktes aanwezig, zij het in sterk wisselende dichtheden. Voor grote projectlocaties als die in het Dwingelderveld dit voor zover bekend de belangrijkste maaiselbron voor vochtig heischraal grasland.

Figuur 3.4. Begrenzing donorgrasland in natuurgebied Havelterberg van Staatsbosbeheer (geel = alleen voor droog).

Havelterberg SBB

Beschrijving gebied

Het natuurgebied Havelterberg van Staatsbosbeheer maakt onderdeel uit van het Natura-2000-gebied Holtingerveld, dat ten noorden van Havelte en Uffelte in het zuidwesten van Drenthe ligt. Het grenst aan de terreinen van Defensie en Natuurmonumenten die hierna worden besproken. Op basis van de laatste vegetatiekartering (Bakker & Adema, 2014) zijn de meest geschikte terreinen geselecteerd voor het veldbezoek.

Beschrijving percelen

Binnen het gebied van Staatsbosbeheer zijn twee percelen in het veld bezocht (figuur 3.4 en tabel 3.4). Het eerste terrein bevindt zich aan de westzijde van het natuurgebied, even ten zuidoosten van de hunebedden langs de Hunebeddenweg. Het terrein omvat niet bijzonder goed ontwikkeld droog heischraal grasland, waarin op enkele plekken populaties groeien van zeer bijzondere soorten, waaronder de uiterst zeldzaam geworden knollathyrus, valkruid, fraai hertshooi, stekelbrem, gevlekte orchis, liggende vleugeltjesbloem, heidekartelblad en de voor heischrale graslanden minder kenmerkende bochtige klaver en kleine pimpernel. Het tweede terrein ligt oostelijker. Hier groeien minder bijzondere soorten, maar het is toch van belang door de aanwezigheid van veel liggend walstro, tormentil, fijn schapengras en tandjesgras over grote oppervlaktes. Daarnaast komen ook hier op enkele plekken bijzondere heischrale soorten voor, waaronder opnieuw knollathyrus, fraai hertshooi, gevlekte orchis, hondsviooltje en blauwe knoop.

Geschiktheid percelen

Ondanks dat er in het westelijke terrein meer bijzondere soorten voorkomen, is het oostelijke terrein toch wat geschikter als donorgrasland, vanwege het over grotere oppervlaktes voorkomen van de meer algemene heischrale soorten. Het westelijke terrein wordt daarentegen relatief sterk gedomineerd door pijpenstrootje, terwijl de meest waardevolle plekken hierin minder goed zijn te maaien vanwege kuilen en struweelopslag. Sowieso lijken de terreinen van Defensie geschikter als

donorgrasland dan deze terreinen van Staatsbosbeheer. Deze terreinen van Staatsbosbeheer kunnen overigens wel een belangrijke locatie zijn om handmatig zaden van de meest zeldzame soorten te betrekken.

Figuur 3.5. Begrenzing donorgrasland Kleine Startbaan (geel = alleen voor droog; rood = alleen voor vochtig).

Kleine Startbaan

Beschrijving gebied

De Kleine Startbaan is een smal terrein van Defensie in het noordwesten van het Natura-2000-gebied Holtingerveld. Het staat bekend als één van de best ontwikkelde droge heischrale graslanden in Nederland. De laatst gepubliceerde vegetatiekartering is van 2013 (Van der Berg & Van Ravensberg, 2016), maar in 2020 wordt dit terrein opnieuw gekarteerd.

Beschrijving percelen

Over de lengte is de kleine Startbaan op te splitsen in een droog heischraal grasland aan de oostzijde en een vochtig heischraal grasland aan de westzijde (zie figuur 3.5 en tabel 5). Beide delen zijn over een groot deel van hun lengte scherp gescheiden door een steilkant. Het droog heischraal grasland is nog altijd uitzonderlijk rijk aan kenmerkende soorten, ook lijkt het uiterst zeldzame Rozenkransje hier inmiddels te zijn verdwenen. Het vochtige deel is in dat opzicht minder uitzonderlijk, maar nog altijd waardevol als donorgrasland.

Geschiktheid percelen

Het droog heischraal grasland is door zijn grote rijkdom aan heischrale soorten bijzonder geschikt als donorgrasland. Blauwe knoop, tormentil, muizenoor, stijve ogentroost, tandjesgras, fijn schapengras, pilzegge, bochtige smele en zelfs hondsviooltje komen verspreid door het terrein voor in (vrij) grote aantallen. Zeldzame soorten als fraai duizendguldenkruid, echte guldenroede, liggende vleugeltjesbloem en gelobde maanvaren zijn plaatselijk vrij talrijk, alsmede grasklokje, knoopkruid, hengel, kleine ratelaar, schermhavikskruid, vroege haver en duinriet. Het vochtig heischraal grasland is eveneens geschikt als donorgrasland. Met name blauwe knoop en klokjesgentiaan komen in grote aantallen verspreid door het terrein voor. Liggende vleugeltjesbloem, tormentil, stijve ogentroost, tandjesgras, pilzegge, blauwe zegge, veenbies en trekrus komen plaatselijk (vrij) veel voor. Voorts zijn er meerdere kleinere groeiplaatsen van zeldzame soorten als moeraswespenorchis, rietorchis en heidekartelblad.

Figuur 3.6. Begrenzing donorgrasland Arnicaveld in Holtingerveld (geel = alleen voor droog).

Arnicaveld

Beschrijving gebied

Het Arnicaveld is een klein heischraal grasland van Defensie nabij Kleine Startbaan in het Natura-2000-gebied Holtingerveld (figuur 3.6). Binnen dit terreintje is er sprake van een gradiënt tussen droog en vochtig heischraal grasland.

Beschrijving percelen

In tegenstelling tot Kleine Startbaan komt valkruid hier wel in vrij grote aantallen voor (tabel 6). kleine tijm, stekelbrem, liggend walstro, mannetjesereprijs, duinriet en pilzegge zijn hier eveneens duidelijk talrijker. Andere heischrale soorten zijn onder meer heidekartelblad, liggende

vleugeltjesbloem, blauwe knoop, hondsviooltje, tormentil, muizenoor, stijve ogentroost, tandjesgras, fijn schapengras en bochtige smele.

Geschiktheid percelen

Door het vrij talrijk voorkomen van valkruid, kleine tijm, stekelbrem, liggend walstro en andere heischrale soorten, is als donorgrasland vooral een waardevolle aanvulling op het droog heischraal grasland van de Kleine Startbaan. Voor vochtig heischraal grasland is het ook bruikbaar, onder meer door het voorkomen van heidekartelblad en liggende vleugeltjesbloem. De genoemde soorten zijn deels waarschijnlijk te laag om in maaisel terecht te komen en moeten handmatig worden geoogst.

Grote startbaan

De Grote Startbaan is een terrein van Natuurmonumenten in het zuiden van het Natura-2000-gebied Holtingerveld. Het terrein is niet bezocht, maar de beschikbare inventarisatiegegevens wijzen er op dat het geschikt zou kunnen zijn als donorgrasland (Tonckens et al., 2014). Gelobde maanvaren, stijve ogentroost en blauwe knoop zijn heischrale soorten die op meerdere plekken in het terrein zijn waargenomen, evenals dwergvlas, rietorchis en grote keverorchis.

Oost-Nederland

In het oostelijke zandgebied zijn al een aantal herstelprojecten van start gegaan, zoals in De Borkeld en Wooldse Veen. Al in 2020 waren hiervoor donorgraslanden nodig, zodat het selecteren van geschikte locaties hier hoge prioriteit heeft gekregen. In Overijssel heeft Staatsbosbeheer botanische gegevens aangeleverd van heischrale graslanden in Punthuizen en De Borkeld, terwijl Landschap Overijssel gegevens heeft aangeleverd van Manderheide en Dal van de Mosbeek. In de Achterhoek heeft Natuurmonumenten gegevens geleverd van Kienveen en Korenburgerveen, en Staatsbosbeheer van Stelkampsveld en Willink Weust. Andere terrein in Overijssel die mogelijk geschikt zijn als donorgrasland liggen in Ecozone Eschmarke, Brecklenkampse Veld, Duivelshof, Poort Bulten en op de Sallandse heuvelrug.

Figuur 3.7. Begrenzing donorgrasland Punthuizen (oranje = voor droog en vochtig; rood = alleen voor vochtig).

Punthuizen

Beschrijving gebied

Punthuizen omvat een complex van schraallanden in het Natura-2000-gebied Dinkelland. Voor een belangrijk deel gaat het hier om blauwgrasland en vochtige heide, met in een smalle band daartussen overgangsvegetaties die worden gerekend tot het heischraal grasland (Bremer, 2017; Pranger & Tolman, 2020). Opmerkelijk is het massaal voorkomen van zeldzame soorten van natte schraallanden als spaanse ruiter en moerassmele. Ten oosten van het blauwgraslandencomplex ligt voorts nog een klein perceel met meer typisch heischraal grasland.

Beschrijving percelen

In het laaggelegen gebied met blauwgrasland zijn op veel plaatsen de kenmerkende soorten van heischraal grasland (r19: m.n. tandjesgras en tormentil) talrijker dan die van blauwgrasland (r16Aa1: m.n. blauwe knoop en spaanse ruiter). Hier is sprake van een overgangsvorm van blauwgrasland naar heischraal grasland (subassociatie nardetosum). Het gaat om drie deelgebieden die gedetailleerd zijn gekarteerd tijdens het veldbezoek (figuur 3.7). In soortensamenstelling kwamen ze sterk overeen en daarom is er van deze drie deelgebieden een gezamenlijke Tansley-opname gemaakt (tabel 7). In de nog wat lager gelegen delen ertussen en eromheen is een meer typische blauwgraslandvegetatie aanwezig. Het kleine grasland ten oosten van het blauwgraslandencomplex betreft een meer typisch heischraal grasland, hoewel hier alleen algemene heischrale soorten voorkomen en er sprake is van een rompgemeenschap waarin de associatie-kensoorten ontbreken. Het meest talrijk zijn hier tormentil, tandjesgras, borstelgras, fijn schapengras en trekrus.

Geschiktheid percelen

Hoewel de aangegeven drie deelgebieden in het nat schraallandcomplex geen heischraal grasland zijn, zijn heischrale soorten als tandjesgras en tormentil wel zeer talrijk aanwezig. Als donorgrasland is het vooral geschikt voor projectlocatie(s) waar sprake is van overgangssituaties tussen heischraal grasland en blauwgrasland, zoals Beekvliet. Als donorgrasland hebben ze vanwege de van heischraal grasland afwijkende soortensamenstelling niet de hoogste kwaliteit toegewezen gekregen in de overzichtstabel. In het kleine grasland ten oosten van het blauwgraslandencomplex zijn eveneens een aantal algemene heischrale soorten talrijk aanwezig. Het maaisel van dit perceel is eveneens niet van de hoogste kwaliteit, maar wel bruikbaar voor projectlocaties waar droog en/of vochtig heischraal grasland wordt ontwikkeld. Tussen het laaggelegen gebied met blauwgrasland en de hoger gelegen vochtige heide ten oosten daarvan is er een zeer smalle overgangszone met fragmenten van heischraal grasland. Voor het oogsten van maaisel is dit vanwege de kleine oppervlakte en wisselende soortensamenstelling minder geschikt.

Figuur 3.8. Begrenzing donorgrasland Dal van de Mosbeek (oranje = voor droog en vochtig).

Dal van de Mosbeek

In Noordoost-Twente ligt het Natura 2000-gebied Springendal - Dal van de Mosbeek. Hierbinnen ligt ten noorden van Vasse in het natuurgebied Dal van de Mosbeek van Landschap Overijssel een klein perceel nat schraalland met een bijzonder waardevolle vegetatie, de Reuterij (figuur 3.8 en tabel 8). In dit kleine perceel is de vegetatie zeer heterogeen, met fragmenten van zowel droog als nat heischraal grasland. Het fragmentarische karakter en de wisselende soortensamenstelling maken dit terrein minder geschikt voor het oogsten van maaisel, maar het terrein is wel zeer geschikt om zaden te verzamelen van heidekartelblad, gevlekte orchis, vetblad, beenbreek, ronde zonnedauw, stekelbrem en andere heischrale soorten.

Figuur 3.9. Begrenzing donorgrasland Manderheide, oostelijke Cirkel van Jannink (geel = alleen voor droog).

Manderheide

Beschrijving gebied

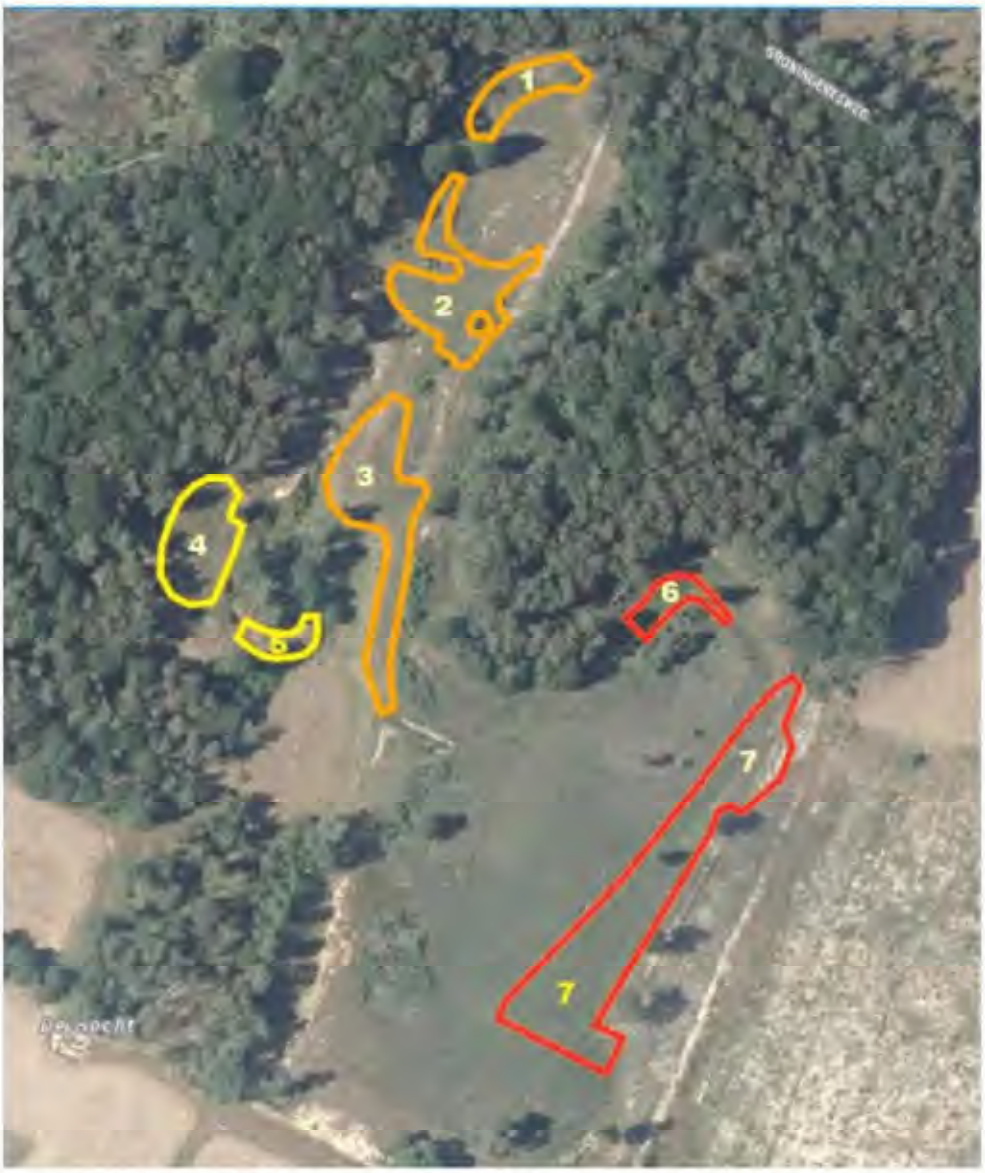
Het natuurgebied Manderheide van Landschap Overijssel is eveneens onderdeel van het Natura 2000-gebied Springendal - Dal van de Mosbeek. Naast de Manderheide zelf en de omringende bossen liggen in dit natuurgebied de zogenaamde Cirkels van Jannink, die vroeger na ontginning als landbouwakker zijn ontstaan op de woeste zandgronden.

Beschrijving percelen

De oostelijke Cirkel van Jannink heeft een schrale pioniervegetatie met soorten van droog heischraal grasland, waaronder veel muizenoor, gewoon biggenkruid, stijve ogentroost en mannetjesereprijs (figuur 3.9 en tabel 9). In plantensociologisch opzicht komt de vegetatie als geheel echter meer overeen met de Klasse van droge graslanden op zandgrond, door het plaatselijk talrijk voorkomen van klein vogelpootje, klein tasjeskruid, vroege haver, dwergviltkruid, hazenpootje en steenanjer.

Geschiktheid percelen

Doordat het hier om een ander vegetatietype gaat, is de oostelijke Cirkel van Jannink als donorperceel vooral geschikt in aanvulling op maaisel van echt droog heischraal grasland. Door het talrijk voorkomen van allerlei minder algemene plantensoorten van droge zandgrond kan het als zodanig wel van grote waarde zijn.



Figuur 3.10. Begrenzing donorgrasland in De Borkeld - De Hocht (geel = alleen voor droog; oranje = voor droog en vochtig; rood = alleen voor vochtig).

De Borkeld

Beschrijving gebied

In Natura 2000-gebied De Borkeld heeft Staatsbosbeheer ten noorden van Markelo onder andere heischraal grasland in een voormalige groeve binnen het deelgebied De Hocht. In de omliggende terreinen is recent een project uitgevoerd om meer heischraal grasland te ontwikkelen. De laatste vegetatiekartering van De Borkeld is van 2018 (Langbroek & Aptroot, 2019). In de Hocht is zowel droog als vochtig heischraal grasland van goede kwaliteit aanwezig. Door de kleinschaligheid en de hoogteverschillen in de groeve gaat het om vrij kleine stukken met een wisselende soortensamenstelling.

Beschrijving percelen

Wat betreft de vegetatie zijn grote delen van de groeve in De Hocht te rekenen tot de Klasse van de heischrale graslanden. Daarbinnen zijn zeven deelgebiedjes gekarteerd met een goed ontwikkelde

heischrale vegetatie, die onderling verschillen in soortensamenstelling en variëren van droog tot vochtig heischraal grasland (figuur 3.10). Van elk van deze deelgebiedjes is een afzonderlijke vegetatieopname gemaakt waarbij alleen de abundantie is genoteerd van de meest voorkomende en kenmerkende soorten (tabel 10). Deelgebied 4 omvat een stukje droog heischraal grasland met veel liggend walstro, tormentil, pilzegge, bochtige smele, veelbloemige veldbies en schermhavikskruid. Het nabijgelegen deelgebiedje 5 is eveneens droog, maar heeft wat meer een pioniervegetatie met zeer veel muizenoor. Het deelgebiedje 7 omvat vochtig heischraal grasland, met veel gevlekte orchis, heidekartelblad, tormentil, tandjesgras, pilzegge, bruine snavelbied, gewone dophei en kruipwilg. Ook deelgebiedje 6 is vrij vochtig, met eveneens veel gevlekte orchis, gewone dophei, tormentil, tandjesgras en pilzegge, maar ook met liggend walstro en struikhei die meer kenmerkend zijn voor droog heischraal grasland. De overige deelgebiedjes (1-3) zitten wat betreft vochtigheid tussen deze droge en vochtige deelgebiedjes in. Hier groeien plaatselijk veel liggend walstro, liggende vleugeltjesbloem, heidekartelblad, stekelbrem, tandjesgras, tormentil, pilzegge, gewoon biggenkruid en schermhavikskruid.

Geschiktheid percelen

Door hun geringe oppervlaktes en onderlinge verschillen in soortensamenstelling wordt aangeraden om van meerdere deelgebiedjes maaisel te oogsten. Voor het ontwikkelen van droog heischraal grasland wordt aangeraden om maaisel van de deelgebiedjes 1, 2, 3, 4 en 5 te oogsten en voor vochtig heischraal grasland van 1, 2, 3, 6 en 7.

Figuur 3.11. Begrenzing donorgrasland (+) in Stelkampsveld (rood = alleen voor vochtig).

Stelkampsveld

Gebiedsbeschrijving

In Natura 2000-gebied Stelkampsveld heeft Staatsbosbeheer in de Achterhoek ten noorden van Ruurlo een waardevol terrein met veel nat schraalland. Dit deelgebied is geselecteerd op basis van de vegetatiekartering uit 2019 (Courbois et al., 2020). Binnen dit terrein is er sprake van een gradiënt van droge heide, vochtige heide, heischraal grasland, blauwgrasland naar moerasvegetaties. Landelijk zeldzame soorten als parnassia, spaanse ruiter, klokjesgentiaan en gevlekte orchis komen hier talrijk voor.

Beschrijving van het donorgrasland

Het heischraal grasland bevindt zich in Stelkampsveld voornamelijk in een zone tussen de hoger gelegen vochtige heide en het lager gelegen blauwgrasland. Het geselecteerde donorgrasland omvat behalve heischraal grasland ook overgangsvegetaties naar blauwgrasland en vochtige heide, en strekt zich daarmee over een groot deel van het terrein uit (figuur 3.11). Gezien de soortensamenstelling gaat het voornamelijk om vochtig heischraal grasland (tabel 11). Kenmerkende soorten als gevlekte orchis, heidekartelblad, klokjesgentiaan, blauwe knoop, tormentil, tandjesgras en gewone dophei zijn plaatselijk talrijk. In de overgang naar blauwgrasland zijn moeraswespenorchis, parnassia en spaanse ruiter dat eveneens, terwijl de overgang naar vochtige heide gekenmerkt wordt door stekelbrem. Enkele kleine stukken gaan richting droog heischraal grasland, met liggend walstro, borstelgras, pilzegge, bochtige smele, fijn schapengras en enkele exemplaren van valkruid.

Geschiktheid als donorgrasland

Het gehele aangegeven gebied is zeer geschikt als donorgrasland voor vochtig heischraal grasland, ook al groeien er plaatselijk ook soorten van andere plantengemeenschappen. Voor droog heischraal grasland zijn enkele kleine deelgebiedjes ook wel geschikt, hoewel de kenmerkende soorten meestal niet talrijk zijn.

Figuur 3.12. Begrenzing donorgrasland in Willinks Weust (oranje = voor droog en vochtig).

Willinks Weust

Gebiedsbeschrijving

In de Achterhoek ligt ten oosten van Winterswijk nabij de Duitse grens het natuurgebied Willinks Weust van Staatsbosbeheer. Vanwege de hoge natuurwaarde is dit kleine gebied een op zichzelf staand Natura 2000-gebied met dezelfde naam. De laatste vegetatiekartering van dit gebied is van 2019 (Courbois et al., 2020). In het bos ligt een in botanisch opzicht zeer waardevol grasland (Willinks Weust I, figuur 3.12) dat deels wordt gerekend tot heischraal grasland. Het gaat daarbij zowel om droog als om vochtig heischraal grasland. Ten oosten van dit grasland ligt in het bos nog een kleiner stuk grasland met een overeenkomstige soortensamenstelling (Willinks Weust II).

Beschrijving van het donorgrasland

Zowel het droog als het vochtig heischraal grasland bedekt hier slechts een geringe oppervlakte, maar de botanische waarde hiervan is uitzonderlijk hoog (tabel 12). Zeldzame heischrale soorten als gevlekte orchis, welriekende nachtorchis, stekelbrem, liggende vleugeltjesbloem en heidekartelblad komen plaatselijk (vrij) talrijk voor, naast minder zeldzame heischrale soorten als tormentil, tandjesgras, blauwe zegge, blauwe knoop en fijn schapengras. Opvallend is het plaatselijk talrijk voorkomen van (vrij) zeldzame zegges, naast blauwe zegge ook sterzegge, bleke zegge, blonde zegge, geelgroene zegge en zeegroene zegge. Het meest bijzonder is wellicht wel het voorkomen van de uiterst zeldzame zoomplant karwijselie.

Geschiktheid als donorgrasland

De kleine stukjes grasland zijn door het talrijk voorkomen van allerlei zeldzame en minder zeldzame heischrale soorten van grote waarde als donorgrasland. Mede door de geringe omvang is hier geen goed onderscheid te maken tussen droog en vochtig heischraal grasland, maar voor beide typen is het maaisel zeer waardevol. Wat betreft soortensamenstelling zijn deze terreintjes het meest geschikt voor vochtig heischraal grasland, maar juist ook voor droog heischraal grasland is er in de Achterhoek geen goed alternatief bekend.

Figuur 3.13. Begrenzing donorgrasland in het Korenburgerveen (rood = alleen voor vochtig).

Korenburgerveen

Gebiedsbeschrijving

Het Natura 2000-gebied Korenburgerveen omvat een groot veengebied van Natuurmonumenten ten noordwesten van Winterswijk in de Achterhoek. Langs de randen van dit veengebied liggen diverse natte graslanden, die deels ook heischraal grasland omvatten. De laatste vegetatiekartering is van 2019 (Te Linde & Van den Berg, 2020).

Beschrijving van het donorgrasland

Twee terreinen met goed ontwikkeld heischraal grasland liggen aan de oostzijde van het Korenburgerveen (figuur 3.13). Nabij het beheerkantoor Den Oppas ligt Korenburgerveen I, dat voor een groot deel uit nat heischraal grasland bestaat, waarin heidekartelblad, gevlekte orchis, liggende vleugeltjesbloem, blauwe knoop en tormentil plaatselijk zeer talrijk voorkomen (tabel 13). Een andere kenmerkende soort is hier de zeldzame welriekende nachtorchis. Elders in het perceel zijn heischrale soorten als blauwe zegge en tandjesgras erg talrijk. Ook komen er veel soorten voor uit de Klasse van de matig voedselrijke graslanden en plaatselijk hebben deze zelfs de overhand, maar er zijn veel stukken die te bestempelen zijn als typisch heischraal grasland. Korenburgerveen II is ligt wat verder van het beheerkantoor. Ook hier groeien plaatselijk veel tormentil, tandjesgras, heidekartelblad, blauwe zegge en liggende vleugeltjesbloem.

Geschiktheid als donorgrasland

Het grotere perceel bij het beheerkantoor is zeer geschikt om maaisel te oogsten voor vochtig heischraal grasland. De stukken met de beste soortensamenstelling hebben al op zichzelf al voldoende oppervlak om te kunnen worden geoogst. Als het echter geen bezwaar is dat er ook vrij veel soorten

uit de Klasse van de matig voedselrijke graslanden in het maaisel komen, dan is het gehele aangegeven terrein waardevol als donorgrasland. Ondanks de wat lagere concentraties van heischrale soorten en het wat kleinere oppervlak is ook het andere perceel nog altijd heel geschikt als donorgrasland.

Figuur 3.14. Begrenzing donorgrasland in het Kienveen (rood = alleen voor vochtig).

Kienveen

Gebiedsbeschrijving

Het Kienveen in de Achterhoek bij Lochem is een klein veengebied van Natuurmonumenten in de bossen van Landgoed Velhorst. De laatste vegetatiekartering is van 2016 (Simons et al., 2017). Het zuidelijk deel van dit veengebiedje is bedekt met droge en natte heide, elders zijn er graslandvegetaties die jaarlijks gemaaid worden. In deze natte graslandvegetaties groeien veel heischrale soorten. Tormentil en blauwe zegge zijn hierin overal talrijk aanwezig, plaatselijk geldt hetzelfde voor moerasstruisgras, gevlekte orchis en het landelijk zeldzame vetblad. Andere zeldzaamheden zijn melkviooltje, moeraswespenorchis, parnassia, blonde zegge, draadgentiaan en dwergvlas. Valkruid en heidekartelblad zijn hier waarschijnlijk geherintroduceerd.

Beschrijving van het donorgrasland

Het Kienveen wordt onderverdeeld in kleine percelen door lijnvormige struwelen, sloten en greppels. Centraal in het veengebiedje liggen de percelen die het meest geschikt zijn als donorgrasland voor vochtig heischraal grasland (figuur 3.14).

Geschiktheid als donorgrasland

In de aangegeven percelen gaat het niet om typisch vochtig heischraal grasland, maar de hiervoor genoemde heischrale soorten komen er wel veel voor. Als donorgrasland is het vooral geschikt voor projectlocaties waar behalve vochtig heischraal grasland ook blauwgrasland en andere vegetaties van nat schraalland in een kleinschalige afwisseling worden ontwikkeld.

Centraal-Nederland

Van Centraal-Nederland zijn er veel minder goed ontwikkelde heischrale graslanden bekend dan in Noord- en Oost-Nederland. De belangrijkste terreinen liggen op de Veluwe, dat hier tevens het meest omvangrijke zandgebied is. Wat betreft vochtig heischraal grasland zijn de Staverdense Leemputten waardevol als donorgrasland. Voor droog heischraal grasland zijn dit Nationaal Park Hoge Veluwe en Legerplaats Harskamp van Defensie. Mogelijk zijn er nog meer geschikte donorgraslanden maar hierover is vooralsnog weinig bekend.

Figuur 3.15. Begrenzing donorgrasland in Staverdense leemputten (rood = alleen voor vochtig).

Staverdense leemputten

Gebiedsbeschrijving

Het natuurgebied Staverdense leemputten is onderdeel van het Natura 2000-gebied Veluwe. Het gaat om een gebied met bossen, natte heide en vennen, dat in eigendom is van Gemeente Ermelo en Geldersch Landschap & Kasteelen.

Beschrijving van het donorgrasland

In het noorden van het natuurgebied liggen verspreid een aantal stukjes heischraal grasland ingeklemd tussen het bosgebied en de natte heide (figuur 3.15). Van deze deelgebiedjes is een gezamenlijke vegetatieopname gemaakt (tabel 15). Van de heischrale soorten komen tormentil en tandjesgras in alle deelgebiedjes talrijk voor, terwijl blauwe knoop en blauwe zegge plaatselijk eveneens talrijk zijn. Ook liggende vleugeltjesbloem, heidekartelblad, klokjesgentiaan, beenbreek, stijve ogentroost en stekelbrem zijn plaatselijk vrij talrijk. Het meest bijzonder is hier wellicht het voorkomen van knollathyrus, ook al gaat het om kleine aantallen die nu in de schaduw van het nabijgelegen bos niet tot bloei komen. Van de orchideeën komen gevlekte orchis en welriekende nachtorchis voor. Ook groeien hier fraai hertshooi en kruipbrem.

Geschiktheid als donorgrasland

De losse deelgebiedjes waarvoor geldt dat er daadwerkelijk sprake is van heischraal grasland, vormen samen een waardevol donorgrasland voor met name vochtig heischraal grasland in Centraal-Nederland. Voor een groot deel van dit donorgrasland geldt echter wel dat hierin vrijwel alleen algemene heischrale soorten als tandjesgras en tormentil voorkomen, terwijl de botanisch meer waardevolle delen overgangsvegetaties betreft naar blauwgrasland en/of natte heide. Voor droog heischraal grasland is dit als donorgrasland minder geschikt.

Hoge Veluwe

Gebiedsbeschrijving

Nationaal Park De Hoge Veluwe omvat uitgestrekte bossen en heidevelden en ligt in het zuiden van Natura 2000-gebied Veluwe. In het oosten van het park ter hoogte van Deelen ligt een uitgestrekt heidegebied waar veel heischrale soorten voorkomen, waaronder ernstig bedreigde soorten als Kleine schorseneer en Heidezegge.

Beschrijving van het donorgrasland

Verspreid in het heidegebied liggen tientallen kleine stukjes met grazige vegetaties, die grotendeels dankzij plaggen zijn ontstaan. Op en langs de wandelpaden door het gebied zijn eveneens zulke vegetaties aanwezig. Allerlei heischrale soorten komen hier voor en met name hondsviooltje, mannetjesereprijs, stekelbrem en kruipbrem zijn er opvallend talrijk in vergelijking met andere terreinen waarin deze soorten voorkomen. Tormentil, tandjesgras, liggend walstro, muizenoor, pilzegge, borstelgras en fijn schapengras zijn eveneens talrijk op diverse plaatsen. Kleine schorseneer, heidezegge, gelobde maanvaren, addertong, liggende vleugeltjesbloem en klein warkruid behoren hier tot de meest zeldzame soorten. Deze grazige stukjes zijn niet altijd even goed af te scheiden van de omringende heide en mede omdat het er zoveel zijn was het binnen de beperkte tijd niet mogelijk om hiervan een goede vegetatieopname te maken. Wel zijn er veel foto's gemaakt om de situatie goed vast te leggen.

Geschiktheid als donorgrasland

Doordat het heischraal grasland hier als kleine fragmentjes verspreid over de heide voorkomt, kan hier niet zoals in andere gebieden een terrein duidelijk begrensd worden als donorgrasland. Binnen het gebied moeten de heischrale vegetaties eerst veel gedetailleerder gekarteerd worden. Mede vanwege de wat ruigere structuur moeten deze begroeiingen vervolgens worden geoogst met behulp van een handmatig uitgevoerd maaibeheer (bosmaaier?). Aanvullend zullen ook handmatig zaden moeten worden geoogst van de kleinere en zeldzamere soorten. Als bronlocatie is dit heidegebied van groot belang, maar in vergelijking met andere gebieden is hier een veel nauwkeuriger en arbeidsintensiever aanpak nodig om voldoende te kunnen oogsten.

Legerplaats Harskamp

Legerplaats Harskamp van Defensie ligt ten oosten van Harskamp in Natura 2000-gebied Veluwe. De laatste vegetatiekartering is van 2012 (De Ronde & Haveman, 2016). Zowel aan de oostzijde als aan de westzijde van het gebied liggen een aantal stukken heischraal grasland. Plaatselijk komen zeldzame heischrale soorten als Valkruid, Gelobde maanvaren, Kleine schorseneer, Heidezegge, Heidekartelblad en Klokjesgentiaan talrijk voor. De meest waardevolle heischrale vegetaties bevinden zich aan de oostzijde. Het gaat hier echter niet om gemaaide graslanden, zodat bij het oogsten van maaisel hetzelfde probleem zou kunnen spelen als in De Hoge Veluwe. Aan de westzijde van het gebied bevindt zich wel heischraal grasland dat gemaaid wordt, maar veel zeldzame heischrale soorten ontbreken hier of deze stukken zijn niet gekarteerd in 2012. Net als in De Hoge Veluwe is een gedetailleerde kartering van de oogstbare stukken noodzakelijk om hier effectief maaisel te kunnen oogsten.

Zuid-Nederland

In Zuid-Nederland was bij aanvang van het project (voorjaar 2020) alleen Groote Heide bij Venlo van Limburgs Landschap bekend als potentieel donorgrasland. De enige locatie waarvoor het ontwikkelen van heischraal grasland overwogen werd, was natuurgebied Huis ter Heide van Natuurmonumenten. Hier waren echter nog geen concrete plannen en maaisel vanuit Groote Heide had hier niet de voorkeur vanwege de grote afstand en de verschillende floradistricten. Voor het opstellen van een zinvol maaiselplan was er dus bij aanvang van dit project veel te weinig informatie beschikbaar over deze regio. Gedurende 2020 zijn er echter nieuwe projectlocaties bijgekomen en zijn er bovendien interessante nieuwe suggesties gedaan wat betreft donorgraslanden, zodat in 2021 hoogstwaarschijnlijk wel een bruikbaar maaiseladvies kan worden opgesteld.

Groote heide

Groote Heide is een natuurgebied van Limburgs Landschap ten oosten van Venlo. Het bestaat vooral uit bos en heide, maar er zijn ook schrale graslanden. Het grootste en bekendste daarvan is het zweefvliegveld, maar elders in het gebied zijn ook kleinere stukken grasland die mogelijk geschikt zijn als donorgrasland. Deze schrale graslanden worden eerder gerekend tot Klasse 14, maar er groeien relatief veel heischrale soorten (gegevens Provincie Limburg: G12 Luzula campestris-Hieracium pilosella type). Tandjesgras, muizenoor en gewone veldbies komen op veel plaatsen talrijk voor. Hier en daar groeien ook hondsviooltje, borstelgras, pilzegge, mannetjesereprijs, tormentil en stekelbrem. Gezien het niet om zuiver heischraal grasland gaat, is dit gebied als donorgrasland met name geschikt in aanvulling op echte heischrale graslanden.

60241 0030

Gewenste inhaalslag voor Zuid-Nederland

Bij aanvang van dit project, in het voorjaar van 2020, waren er weinig of geen goed ontwikkelde heischrale graslanden bekend in de regio's Centraal- en Zuid-Nederland. Omdat er toen bovendien nauwelijks plannen waren voor projecten in deze twee regio's (zie projectenlijst bij de offerteaanvraag), is in 2020 de nadruk gelegd op de regio's Noord- en Oost-Nederland. Gedurende 2020 zijn ook enkele terreinbeheerders in Centraal- en Zuid-Nederland aangehaakt bij dit project, zodat de noodzaak om ook hier een goed overzicht te hebben inmiddels groter is geworden. Voor Centraal-Nederland zijn drie donorgebeiden onderzocht en opgenomen in het overzicht van tabel 3.1, voor Zuid-Nederland slechts één. Nadere inventarisatie van heischrale graslanden is het meest in Zuid-Nederland nodig om een overzicht te kunnen maken van de beschikbare donorgraslanden. Daarbij moet worden opgemerkt dat het aantal geschikte donorgraslanden hier sowieso kleiner zal zijn dan in Noord- en Oost-Nederland.

4. Visie op de herintroductie van soorten in hersteld heischraal grasland via het inbrengen van maaisel

Herstel van heischrale graslanden is zeer urgent, omdat er nog maar een zeer kleine oppervlakte van over is, en veel karakteristieke plantensoorten bedreigd of zelfs ernstig bedreigd zijn (van der Zee et al. 2017). Heischraal grasland is een prioritair habitat vanwege de aanwezigheid van deze kenmerkende doelsoorten, en goede habitatkwaliteit is een van de essentiële voorwaarden voor hun duurzaam voortbestaan.

Vanwege het geringe areaal en de versnippering van het leefgebied is spontane verspreiding van doelsoorten in veel gevallen vrijwel uitgesloten. Daarom is (her)introductie - onder voorwaarden - een noodzakelijke maatregel. Bij de terreinbeherende organisaties is het inbrengen van maaisel uit donorterreinen de voorkeursmethode voor herintroductie in herstelde gebieden of natuurontwikkelingsterreinen (Loeb & Weijters 2013). Hooi overbrengen lijkt een stuk eenvoudiger dan van doelsoorten zaden verzamelen en die gericht uitzaaien. Het blijkt echter ook vaak dat het uitleggen van maaisel maar ten dele tot het gewenste succes leidt. Het lijkt redelijk te werken voor sommige algemenere "matrixvormende" soorten, maar niet voor de zeldzamere en bedreigde soorten (Loeb & Weijters 2013, Loeb *et al.* 2017). Daarbij moeten we ons realiseren dat zelfs de algemenere heischrale soorten inmiddels vrij zeldzaam zijn geworden (van der Zee et al. 2017). Daarnaast kan de methode ook nog ongewenste (en onzichtbare) genetische consequenties hebben die vermeden zouden moeten worden.

Vanuit sommige Terreinbeherende instanties zijn richtlijnen voor herintroductie opgesteld (Vereniging Natuurmonumenten 2014) of worden nog aangepast (Staatsbosbeheer), die aangeven welke soorten wel en niet voor herintroductie of populatieversterking in aanmerking komen. Omdat populatiebiologische en -genetische expertise bij deze organisaties vaak niet aanwezig is worden deze aspecten meestal niet of onvoldoende besproken. Toch hebben juist deze minder bekende aspecten een sterke invloed op de kansen op succes en de gunstige staat van instandhouding die we nastreven voor de toekomst.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de grotendeels onzichtbare populatiebiologische, genetische en evolutionaire aspecten van herintroducties, met name op de aanpak via het uitspreiden van maaisel uit donorterreinen. Eerst wordt een aantal waarschijnlijke oorzaken voor het niet (of niet voldoende) in het maaisel aanwezige en het doelgebied terechtkomen van de gewenste zaden: soortspecifieke eigenschappen, als plantgrootte, verspreidingsmechanismen, fenologie en voortplantingsstrategieën incl. de zaadproductie en afgenomen genetische diversiteit. Vervolgens wordt de stelling geponeerd dat een aanpak via maaisel misschien eerder leidt tot verspreiding van problemen dan tot verbetering van de levensvatbaarheid van de kenmerkende soorten. Daarna wordt een visie gegeven over wat de meest effectieve aanpak van herintroductie van soorten van heischraal grasland zou kunnen zijn, die de minste nadelige bijeffecten heeft. Het hoofdstuk eindigt met een bespreking van overwegingen m.b.t. de keuzes van brongebieden en bronmateriaal.

Kanttekening: In veel gevallen wordt hier beschreven wat op basis van theoretische kennis en praktijkervaring kan worden verwacht. Het betreft dus vooral hypotheses, die nog nergens door middel van empirisch onderzoek zijn getoetst. Het is, niet alleen voor herstel van heischrale maar ook van andere typen natuurgraslanden, wenselijk om de hypotheses op korte termijn landelijk te toetsen. Herstel van kenmerkende, prioritaire habitattypen kan dan veel effectiever plaatsvinden.

Voordat in dit hoofdstuk ingaan wordt op de populatiebiologische aspecten, is het goed om toe te lichten waarom deze punten aan de orde worden gesteld. Een belangrijk doel is het herstellen van de levensvatbaarheid van de populaties. Of zich soorten vestigen na het inbrengen van maaisel staat niet zozeer ter discussie. De vraag is vooral of deze soorten ook voldoende kans hebben om duurzaam

levensvatbare populaties te vormen. De kernvraag hierbij is wanneer besloten wordt dat een soort succesvol geherintroduceerd is. Wanneer is het gelukt? Wat is goed? Zijn we tevreden als enkele individuen van meerdere heischrale graslandsoorten zich vestigen? Of is het doel het introduceren van levensvatbare populaties die zichzelf via kieming en vestiging handhaven en uitbreiden en daardoor later weer kunnen fungeren als donorpopulatie?

Criteria voor succes

Vanuit oogpunt van levensvatbaarheid is een herintroductie pas succesvol als de nieuwe populaties zich zelfstandig kunnen handhaven én uitbreiden. Dit betekent onder meer dat ze bij aanvang voldoende genetische variatie moeten hebben. De genetische diversiteit die aanwezig is in een populatie verschilt echter per soort, omdat het sterk afhankelijk is van het voortplantingssysteem, in combinatie met populatiegrootte en de mate van uitwisseling met andere populaties (Oostermeijer et al. 1998). Voor de meeste plantensoorten zijn dit soort gegevens niet beschikbaar, omdat ze maar mondjesmaat verzameld kunnen worden. Wél is bekend dat er binnen families én genera verschillen bestaan, wat generaliseren bemoeilijkt.

Voor een goed advies over de donorlocaties die gebruikt kunnen worden voor het verspreiden van zaden in maaisel moet de kwaliteit ervan beoordeeld worden op basis van populatiegroottes, zaadproductie en liefst ook nog de vitaliteit van de nakomelingen (Luijten et al. 2000). Ook deze kwalitatieve eigenschappen zijn gecorreleerd met de genetische diversiteit en het voortplantingssysteem. Voor veel planten is daarnaast nog de aanwezigheid van bestuivers van belang (Luijten 2001, Luijten & Oostermeijer 2016). Ook deze is afhankelijk van de kwaliteit (bloemenrijkdom) van het leefgebied. Daarmee dient zich nog een ander succescriterium aan: om het habitattype heischraal grasland duurzaam te herstellen zou er eigenlijk ook naar de fauna gekeken moeten worden (van der Zee et al. 2017). Voor veel insecten is ook een hoge bloemenrijkdom bijvoorbeeld een kwaliteitscriterium. Hoewel heischraal grasland voor een belangrijk deel uit grassen en grasachtigen bestaat, zeker wat betreft de biomassa, zou je kunnen stellen dat het succesvol overbrengen van vooral deze soorten vanuit het perspectief van de leefgemeenschap nog niet goed genoeg is.

Soortspecifieke eigenschappen

Er is een aantal soortspecifieke eigenschappen die van invloed zijn op de kans dat zaden worden meegenomen in het maaisel: planthoogte, fenologie (tijdstip van bloei en vruchtzetting), verspreidingsmechanisme, het voortplantingssysteem en de zaadzetting.

In heischraal grasland worden soorten als liggende vleugeltjesbloem, kruipbrem, kleine tijm en hondsviooltje door hun **geringe hoogte** niet, of slechts in beperkte mate, meegenomen tijdens de maaibeurt. Dat kan enigszins voorkomen worden door lager (zo laag mogelijk) afstellen van de maaibalk, maar ook dan moet er rekening mee worden gehouden dat Liggende vleugeltjesbloem niet (voldoende) in het maaisel terechtkomt. Deze soort legt haar vruchtstengels bijv. enkele cm boven het maaiveld om de grote zaden met een mierenbroodje voor de voeten van de mieren te deponeren, die ze vervolgens meenemen naar hun nest. Dat is dus een gecombineerd effect van hoogte met **verspreidingsmechanisme**. Een soort die ook door mieren wordt verspreid is heidekartelblad waarvan de zaden kort na rijping al door mieren uit de vruchten naar hun nest gesleept. Soorten als hondsviooltje, heidemelkviooltje en knollathyrus produceren gedurende het hele seizoen vruchten en zaden in zelfverspreidende capsules. Op een bepaald maaitijdstip komt daarvan slechts een fractie in het maaisel terecht. Wanneer ze uitdrogen worden de zaden weggeschoten, tot >5m ver. Daarom moet het maaisel zo snel mogelijk naar het doelgebied worden overgebracht, zodat die zelfverspreiding daar plaatsvindt.

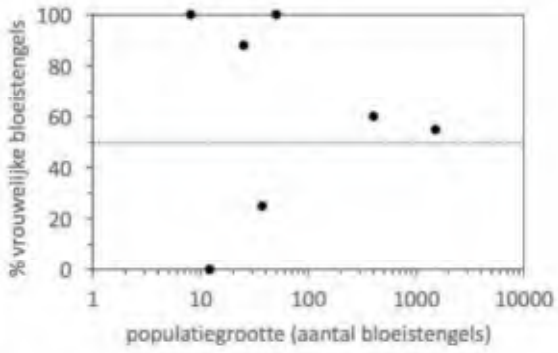
60241 0030

Een flink aantal soorten van heischraal grasland **bloeit al vroeg**, reeds vanaf eind april tot in mei. Voorbeelden zijn heidekartelblad, liggende vleugeltjesbloem, rozenkransje, gelobde maanvaren, borstelgras, tandjesgras en heidezegge. Daarom moet het donorgebied op basis van de vruchtrijping van de aanwezige doelsoorten op meerdere tijdstippen gemaaid worden. Bij voorkeur worden tijdens het vroeg maaien de plekken met vroegbloeiende soorten gericht gemaaid.

Niet alleen de zeldzamere en bedreigde doelsoorten van heischraal grasland, maar ook al veel van de "gewonere" komen meestal nog maar in kleine populaties voor. Uit onderzoek is gebleken dat planten in kleine populaties minder zaden produceren. Ook daardoor is de kans dat er zaad in maaisel terechtkomt zeer gering. Voor sommige soorten kan de geringe zaadproductie ook nog samengaan met inteelt.

De oorzaken van de lage zaadproductie liggen in een combinatie van de specifieke **voortplantingsstrategie**, de resterende genetische diversiteit en de aanwezigheid van effectieve bestuivers. Voorbeelden zijn valkruid en kleine schorseneer, twee composieten die zelf-incompatibel zijn (Luijten et al. 1996), maar ook bij zwartblauwe rapunzel (Luijten et al. 2015). Dit houdt in dat ze zich door een genetisch bepaald systeem niet kunnen zelfbestuiven, maar ook niet kunnen kruisbestuiven met andere individuen die dezelfde genvariant (het zg. 's-allel') hebben. Waarschijnlijk hebben ook andere composieten (echte guldenroede, muizenoor, gewoon biggenkruid) en bijv. heidekartelblad zo'n systeem. Zulke soorten krijgen meestal wel voldoende bloembezoek van allerlei insecten, maar bloemen ontvangen nog maar zelden stuifmeel van een geschikte kruisingspartner, omdat het aantal genvarianten in de kleine populaties door genetische erosie is afgenomen. Bij kleine schorseneer is bovendien gebleken dat de planten door verruiging van de vegetatie steeds minder tegelijk in bloei komen. Op een gegeven dag bloeien dan meestal niet meer dan twee of drie bloemhoofdjes tegelijk, waardoor het aantal potentieel geschikte kruisingspartners nóg verder afneemt. Mede hierdoor produceert zelfs de grote populatie van deze soort op de Hoge Veluwe (± 400 individuen) zelfstandig vrijwel geen kiemkrachtige zaden meer.

Een andere voortplantingsstrategie die zaadproductie in vooral kleine populaties verkleint is tweehuizigheid (het op aparte individuen voorkomen van mannelijke en vrouwelijke bloemen) zoals bij het rozenkransje. In kleine populaties van deze soort komen door genetische erosie alleen nog vrouwelijke of alleen nog mannelijke planten voor. Soms komen beide geslachten nog voor, maar dan in een zeer scheve verhouding, zoals 2 mannelijke t.o.v. 26 vrouwelijke bloeistengels in het Goois Natuurreservaat, of 28 mannelijke t.o.v. 6 vrouwelijke in de Eierlandse duinen op Texel. Ook in zulke populaties worden slechts bij hoge uitzondering kiemkrachtige zaden geproduceerd. Op Schiermonnikoog komt het rozenkransje nog in 10 deelpopulaties voor, maar daarvan zijn er vijf puur vrouwelijk, twee puur mannelijk, twee gemengd maar sterk scheef-vrouwelijk en één gemengd scheef-mannelijk. Alleen de twee grootste plekken zijn gemengd, een duidelijke aanwijzing voor genetische erosie (figuur 4.1).



Figuur 4.1. Verband tussen (deel)populatiegrootte en seksratio van het Rozenkransje op Schiermonnikoog.

In populaties van kleine tijm komt weer een gen voor dat planten mannelijk steriel maakt. Die planten produceren gedegenereerde meeldraden, en moeten dus stuifmeel ontvangen van andere individuen. Daardoor moet er wel kruisbestuiving plaatsvinden, zodat inteelt vermeden wordt. In

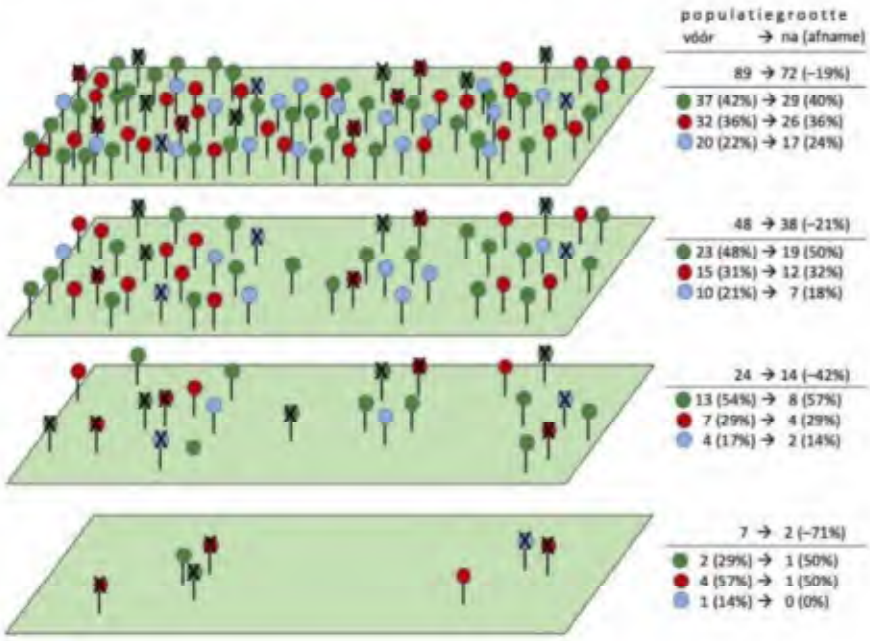
kleine populaties kan het echter zijn dat bij toeval alleen mannelijke steriele planten overblijven. Die kunnen dan net als het rozenkransje geen zaden meer produceren.

Bij een grote groep soorten kan zowel zelf- als kruisbestuiving plaatsvinden. Deze mikken eerst op kruisbestuiving, door bijvoorbeeld eerst al hun stuifmeel te presenteren en te laten oogsten en daarna pas de stempel te ontvouwen. Als dat echter niet lukt kan er soms alsnog 'uitgestelde zelfbestuiving' plaatsvinden, bijv. doordat de meeldraden doorgroeien zodat ze de stempel wél kunnen aanraken. Bij de klokjesgentiaan wordt er door succesvolle kruisbestuiving door hommels in grote populaties ongeveer 85% van de zaadknoppen bevrucht. In kleine populaties is er vaak te weinig hommelbezoek, en dan neemt de zaadzetting af tot slechts 25%, via spontane zelfbestuiving. De weinige zaden die er nog geproduceerd worden zijn dus ook nog eens ingeteeld (Oostermeijer 2000). Inteelt is dan ook een belangrijk risico in kleine populaties van deze soorten. Meer zelfbestuiving kan ook het resultaat zijn van veranderd gedrag van bestuivers in populaties met een lage dichtheid. In plaats van steeds van de ene plant naar de andere te vliegen bezoeken hommels eerst alle bloemen van een plant voordat ze doorvliegen op zoek naar de volgende. Deze toename van de zg. 'buurbloembestuiving' leidt ook tot zelfbestuiving en dus inteelt. Doordat de bloemen wél bezocht worden blijft de kwantiteit van het zaad bij buurbloembestuiving wel relatief hoog, maar de kwaliteit ervan neemt door de inteelt sterk af (inteeltdepressie).

Belangrijk om te onthouden is dat veel van de bovenbeschreven zaken zich vaak geheel onopgemerkt afspelen. Meestal denken we dat wanneer een soort aanwezig is (bijv. in een vegetatieopname) er ook wel zaad gevormd wordt, maar dit is bij een zo sterk afgenomen habitattype als heischraal grasland allang geen zekerheid meer.

Genetische diversiteit

Een even slecht zichtbaar maar minstens zo belangrijk aspect van het overbrengen van zaden van bron- naar doelpopulatie is de genetische diversiteit die "meekomt". Uit voorgaande paragaaf blijkt al dat deze van belang is voor het goed functioneren van het voortplantings-systeem, en bovendien treedt in kleine populaties vaak (eveneens onzichtbaar) inteelt op. Bij het overbrengen van maaisel kan er genetische diversiteit verloren gaan (figuur 4.2 ter illustratie). Om bovengenoemde redenen zijn de kansen dat er vitale zaden van soorten met kleine populaties in het maaisel terechtkomen klein. Dat wil ook zeggen dat de steekproef die door het maaien uit de bronpopulatie wordt genomen doorgaans relatief klein zal zijn. Het gaat om kleine aantallen zaden, die door de vaak pleksgewijze spreiding van soorten



Figuur 4.2. Sterk versimpelde weergave van het overbrengen van de vóór maaien aanwezige genetische diversiteit, weergegeven door planten (bolletjes) met een verschillende kleur, naar de nieuwe situatie (na), in kleine (onder) tot grote (boven) populaties. Daarbij neemt ook het percentage planten waarvan (door lagere levensvatbaarheid) geen zaden via het maaisel worden overgebracht af, van 71% in de kleinste tot 19% in de grootste populatie. Te zien is dat in de grotere populaties de percentages van elke kleurvariant voor en na niet zoveel verschillen, maar wel in de kleinste populatie, waar de blauwe variant zelfs helemaal verdwijnt.

over het brongebied vaak ook nog een van slechts enkele individuen afkomstig zijn. Beide factoren zorgen waarschijnlijk voor een flessenhals-situatie die tot verder verlies van de al geringe genetische diversiteit leidt. De steekproef vormt slechts een klein deel van de al geringe diversiteit in de bronpopulatie, en de zaden zijn ook nog eens genetisch aan elkaar verwant (Oostermeijer *et al.* 2003).

Bepalen grootte bronpopulaties

Een belangrijk criterium voor het bepalen van de geschiktheid als bronpopulatie is de populatiegrootte. Hiervoor kunnen individuen van de soort geteld of geschat worden, of de abundantie kan geschat worden in vegetatieopnamen met de Tansley- of een andere schaal. Het is belangrijk dat er rekening gehouden wordt met de lokale ruimtelijke structuur, klonaliteit of polstructuur van de doelsoorten. Een score 'frequent' of 'abundant' wil niet automatisch zeggen dat er veel genetisch verschillende individuen staan, zoals bijv. bij spaanse ruiter (Luijten et al. 2018a), blauwe knoop en borstelgras. Ook wanneer een ruimtelijke nuancering wordt toegepast ('locally abundant') kan het nog steeds om een enkele kloon, en dus één genotype, gaan. Bij spaanse ruiter is aangetoond dat de zaadproductie ondanks de aanwezigheid van tientallen bloeistengels nog steeds zeer laag kan zijn (Luijten *et al.* 2018a). Bij tellingen moet zoveel mogelijk rekening mee gehouden worden met de natuurlijke populatiestructuur van soorten. Van valkruid is bekend dat het aantal op een locatie getelde rozetten gemiddeld ongeveer 6x groter is dan de werkelijke populatiegrootte (Luijten & Oostermeijer 2008).

Verspreiding van populaties of verspreiding van problemen?

Nieuwe zorgenkindjes

Wanneer er via het maaisel succesvol zaden worden overgebracht en die kiemen en vestigen zich ook, is de hypothese dat een deel van de nieuwe populaties die zo worden gesticht meteen al te lijden zullen hebben van lage genetische diversiteit en inteelt. Daarmee worden de problemen van de resterende kleine percelen heischraal grasland met hun kleine populaties doelsoorten dus mogelijk niet verholpen, maar slechts uitgebreid naar andere terreinen. Wanneer door de geringe startdiversiteit de aantallen planten klein blijven treden meteen ook andere problemen op, zoals problemen met de bestuiving en een grotere kans op het uitblijven van zaadproductie, doordat er wederom een gebrek is aan geschikte bestuivingspartners. De nieuwe populaties zitten daarmee meteen alweer in de uitsterfspiraal (figuur 4.2). Overigens is genetische erosie een toevalsproces, wat wil zeggen dat het ook toevallig goed kan gaan. In de natuur beginnen nieuwe populaties ook vaak klein, maar slechts een klein percentage van de nieuwe vestigingen weet uit te groeien tot een populatie. Dat is geen probleem wanneer er honderden nieuwe vestigingen plaatsvinden, maar wel wanneer een beperkt aantal pogingen liefst in één keer goed moet gaan.

Terreinbeheerders en andere onderzoekers melden vaak dat een soort ergens succesvol is geherintroduceerd. Het blijkt in de meeste gevallen hooguit om een handjevol individuen te gaan. In een aantal gevallen komen die individuen zelfs niet of vrijwel niet tot bloei. Kortom, er zijn nieuwe kleine, feitelijk meteen al niet of minder levensvatbare populaties bijgekomen. Die dragen niet bij aan het herstel van een netwerk van met elkaar in contact staande populaties (de metapopulatie) van de soort, en vormen in zekere zin nieuwe toekomstige zorgenkindjes voor de beheerders. Dat kan niet de oorspronkelijke bedoeling zijn.

Beperkt aantal brongebieden

Een ander nadeel is dat er zó weinig brongebieden met goed ontwikkeld heischraal grasland zijn dat er een beperkt aantal donorgebieden op meer plaatsen wordt ingebracht, bijv. De Bruuk,

60241 0030

Kleine Startbaan of De Leemputten. Daarmee wordt dezelfde genenverzameling dus uitgesmeerd over meerdere gebieden. Dit komt de totale genetische diversiteit niet ten goede. Gesteld dat deze aanpak goed zou werken, dan ontstaan er vooral meer populaties die genetisch gezien een fractie zijn van de bronpopulatie, zodat er genetische diversiteit verloren gaat. Daarnaast heeft onderzoek aangetoond dat bij toepassen van een enkele bronpopulatie de kans groot is dat de milieuomstandigheden waaraan die bronpopulatie is aangepast niet overeenkomen met die van het doelgebied, waardoor de kans op succesvol "aanslaan" kleiner wordt (Luijten et al. 2002). Die kans neemt nóg verder af wanneer de bronpopulaties klein en daardoor al genetisch minder divers zijn. Locaties met de meeste plantensoorten zijn niet automatisch ook de beste bronpopulaties, al neemt de kans dat er een of enkele soorten bijzitten die zich wél vestigen er wel door toe.

Een derde nadeel is het mogelijke nadelige effect dat kan plaatsvinden op de brongebieden en de daarin aanwezige populaties. Vanuit dit perspectief is het niet wenselijk om populaties (vooral de kleine) uit te putten door keer op keer zaden te oogsten. Plaggen, óók wanneer kleinschalig, is misschien nog erger, omdat naast zaden ook planten én de zaadvoorraad in de bodem lokaal verwijderd worden. Voor het succesvol stichten van levensvatbare populaties zijn honderden van zulke plagjes nodig. Ondanks dat dit nooit onderzocht is heeft dit mogelijk nadelige gevolgen voor de bronpopulaties in de donorgebieden. Demografisch onderzoek laat zien dat verwijderen van volwassen individuen het meest nadelige effect heeft op de populatiegroeisnelheid van overblijvende soorten (Bremer *et al.* 2012).

Een mogelijk vierde nadeel, veroorzaakt door pogingen om zoveel mogelijk zaden uit het maaisel te halen, bijvoorbeeld door afzuigen of direct verwijderen van het maaisel, is het effect op de fauna van het brongebied (Wallis de Vries 2016). Dit effect kan worden geminimaliseerd door gefaseerd te maaien, wat de kans op het opnemen van de zaden van bepaalde soorten weer verkleint. Daarom zouden brongebieden meerdere jaren achtereen gefaseerd gemaaid moeten worden en op verschillende tijdstippen, rekening houdend met de aanwezigheid en bloeitijd van bronpopulaties. Dit leidt tot een gecompliceerd programma, dat echter noodzakelijk is om rekening te houden met de fenologie van de soorten en om de fauna niet nadelig te beïnvloeden.

Een visie op succesvollere en duurzamere herintroductie van soorten van heischraal grasland

Succes vereist zeer veel zaden

Zoals hierboven hebben uiteengezet is, is het herintroduceren van soorten in herstelde terreinen via het uitspreiden van maaisel om allerlei redenen slechts voor een beperkte set soorten succesvol. Uit ervaring met herintroducties van bedreigde soorten is bekend dat zelfs wanneer honderdduizenden *ex situ* geproduceerde zaden gericht op gunstige plekken ingebracht worden er slechts een gering percentage kiemt en zich weet te vestigen. Dat is geen gevolg van slecht zaad (kiemt *in vitro* meestal >80%), of verkeerde keuze van habitats (dat gebeurt meestal in overleg met een groep deskundigen), maar van de biologie van de betreffende soorten. In alle gevallen gaat het om overblijvende soorten met langlevende individuen, die in de natuur wel 10-20 keer zaden proberen te produceren en aan te laten slaan. Het natuurlijke kiemings- en vestigingspercentage is meestal <5%. Vanuit demografisch en evolutionair perspectief hebben ze die luxe, die samengaat met hun evolutie naar een overblijvende levensstrategie. Kortlevende, één- of tweejarige soorten hebben die luxe niet, en moeten elk jaar opnieuw een hoog kiemings- en vestigingssucces hebben om de populatie in stand te houden. Deze soorten hebben vaak een buffer in de vorm van een zaadvoorraad in de bodem. De kortlevende strategie komt in heischraal grasland echter vrijwel niet voor; de halfparasiet Heidekartelblad is mogelijk een (tweejarige) uitzondering.

60241 0030

Bovenstaand praktijkvoorbeeld maakt hopelijk duidelijk dat de kansen op succes door het uitspreiden van maaisel met relatief weinig zaden gering zijn. Als het gaat om zeldzame/bedreigde soorten pleiten wij dus voor het **gericht inbrengen van grote aantallen zaden, liefst in meerdere jaren**. Soms kunnen die weliswaar nog uit enkele grote restpopulaties geoogst worden, zoals voor valkruid bijv. uit De Harskamp, maar dan moet er rekening worden gehouden met het bovengenoemde nadelige effect van het gebruiken van dezelfde bron voor meerdere doelgebieden.

Voor de meest bedreigde soorten kan het beste eerst voorzichtig zoveel mogelijk zaad worden gewonnen uit de nog resterende populaties, waarmee dan een *ex situ* kweekpopulatie wordt opgezet (Maunder *et al.* 2004). Daaruit kan dan zonder verdere effecten op de bronpopulaties en naar believen - maar wel tegen kosten, omdat er uren van handmatige bestuivingen bij komen kijken - genetisch divers zaad worden geoogst t.b.v. herintroducties of populatieversterkingen (Luijten et al 2017, Luijten & Oostermeijer 2018b, Luijten et al. 2018c, Luijten et al 2019, Luijten et al 2020, Luijten & Seip 2021). Deze aanpak heeft reeds haar vruchten afgeworpen in de vorm van succesvolle herintroducties van het rozenkransje in Drenthe en Noord-Brabant, de stengelloze sleutelbloem in de Drentse Aa (Luijten *et al.* 2014), Kleine schorseneer in Drenthe en op de Veluwe, en de zwartblauwe rapunzel in Noord-Brabant (Luijten *et al.* 2015).

Nut en noodzaak van *ex situ* kweekprogramma's

Zoals gezegd is de levensvatbaarheid van ernstig bedreigde soorten al zodanig afgenomen dat een kweekprogramma noodzakelijk wordt. Het doel van zo'n kweekprogramma is niet het simpelweg aanleveren van zakjes zaad t.b.v. herintroductie, want juist zo'n herintroductie is door alle soortspecifieke eigenschappen nog veel meer maatwerk dan het overbrengen van maaisel.

Het doel van een kweekprogramma voor een bedreigde soort is drieledig:

1. Veiligstellen van het nog resterende genenmateriaal (gekoppeld aan de opslag van zaden in de Nationale Zaden Collectie van Het Levend Archief).
2. Vergroten van de nog resterende genetische diversiteit door gericht uitkruisen van daarvoor geschikte bronpopulaties.
3. Produceren van grote aantallen zaden t.b.v. herintroducties in herstelde leefgebieden, waardoor na de strenge natuurlijke selectie in een nieuw milieu nog voldoende individuen overblijven om een levensvatbare populatie op te bouwen.

Voor een aantal bedreigde soorten van heischraal grasland, t.w. rozenkransje, kleine schorseneer, knollathyrus en kleine tijm, zijn *ex situ* kweekpopulaties opgezet door Science4Nature. In deze kweekpopulaties zijn nakomelingen van zo goed als alle nog resterende populaties aanwezig. Voor Heidezegge bestaat een kweekpopulatie bij de WUR i.s.m. de Bosgroepen. In sommige gevallen, zoals voor het rozenkransje op Texel, zijn in de kweek ondergebrachte populaties recent in het wild uitgestorven, wat het grote belang van *ex situ* populaties nog eens onderstreept.

Wanneer zaden uit een ex situ populatie worden gebruikt voor een herintroductie wordt onderzocht welke bronpopulaties vanuit ecologisch-evolutionair oogpunt het beste aansluiten bij de doellocatie. Soms komt slechts één bronpopulatie in aanmerking, terwijl in andere gevallen overgegaan kan worden op het door handmatig kruisbestuiven *ex situ* vermengen van het genenmateriaal van meerdere populaties. Dat leidt tot genetisch diverser genenmateriaal, dat geschikter kan zijn voor herintroductie dan een enkele (vaak ingeteelde) bron.

Ex situ kweekpopulaties zijn dus géén kwekerijen van inheemse zaden die ergens ingezaaid kunnen worden. Het zijn zorgvuldig opgezette en onderhouden grote populaties (>800 bloeiende planten, om verlies van diversiteit te voorkomen), waarmee zaden op maat geproduceerd en ingebracht kunnen worden. De expertise voor zowel kweek, behoud en vergroting van genetische diversiteit als inzet

60241 0030

daarvan t.b.v. herintroductie is bij de bovengenoemde (bij Het Levend Archief aangesloten) organisaties aanwezig.

Voor de minder zeldzame kenmerkende soorten van heischraal grasland, als hondsviooltje, tandjesgras, borstelgras, liggende vleugeltjesbloem, gewone stekelbrem, liggend walstro, tormentil en muizenoor kan eerst worden geprobeerd om ze via maaisel over te brengen. Daarbij moet de kanttekening gemaakt worden dat ook van deze soorten grote, genetisch diverse populaties schaars zijn. Het is daarom aan te bevelen om zo mogelijk meerdere bronpopulaties uit dezelfde regio/provincie te mengen om zowel de hoeveelheid zaden die (hopelijk) wordt overgebracht als de genetische diversiteit te vergroten.

Voor de hierboven genoemde groep minder zeldzame soorten suggereren we bovendien om in terreinen met goed gebufferde bodems via het gericht inbrengen van handmatig verzamelde zaden grote, genetisch diverse populaties te creëren die vervolgens weer (via maaisel) als geschikte donorpopulaties voor herstelprojecten elders kunnen worden ingezet. Dergelijke 'brongraslanden' komen overeen met de door Het Levend Archief gepropageerde "zaadhofjes". Laatstgenoemde term suggereert een kleinschaliger aanpak, terwijl hier grootschalige donorgebieden van meerdere hectares worden bedoeld. De term 'zaadhofje' suggereert eveneens een tuinachtige setting met plantbedden, maar wij bedoelen brongraslanden die eruitzien als heischraal grasland, met gemengde populaties van zoveel mogelijk kenmerkende soorten.

Zaaien in plaats van planten

Het kiemen van zaden en de vestigingsfase van de jonge kiemplantjes vormen voor overblijvende soorten de meest kritische fase in de levenscyclus. Alle reden om die over te slaan bij een herintroductie, zou je zeggen. Dat kan bijv. door het eerst in kas of proeftuin opkweken van volwassen individuen en die daarna uit te planten. Behalve dat dit door velen eerder als tuinieren wordt ervaren dan zaaien heeft zaaien nog een belangrijker voordeel. Of een zaad kan kiemen en kan leiden tot jonge kiemplanten die vervolgens uitgroeien tot bloeiende volwassen planten is de eerste, en meest kritische toets om vast te stellen of de standplaats wel voldoende hersteld is om herintroductie op die locatie überhaupt te overwegen. Die toets maakt daarom deel uit van de IUCN- richtlijnen voor herintroductie. Door die natuurlijke toets middels uitplanten op een onnatuurlijke wijze over te slaan worden deze richtlijnen feitelijk dus niet gerespecteerd.

Ook Westhoff (1949, 1994) was - om dezelfde redenen - van mening dat herintroductie van een populatie vanuit zaad plaats zou moeten vinden. Aanplanten leidt in zekere zin tot een neppopulatie, die er - terend op het in kas of proeftuin ingebrachte reservevoedsel in de wortelsystemen - jaren zou kunnen staan zonder dat de lokale milieuomstandigheden geschikt zijn.

Er is nóg een reden om zaad te gebruiken, en dat is dat er in de "milieuzeef" van kieming tot jonge plant de sterkste natuurlijke selectie plaatsvindt (Luijten *et al.* 2002). Die leidt ertoe dat vooral de genotypen die het best aan de nieuwe standplaats zijn aangepast zullen opgroeien tot het volwassen stadium. Dat zijn dan meteen de individuen die samen weer aan een aangepaste nieuwe generatie kunnen werken. Na uitplanten overleven de meeste individuen zoals gezegd makkelijk meerdere jaren, terend op het zetmeel in hun wortels (net als wanneer een zeldzame soort in de tuin uitgeplant wordt). Daar zitten ook genotypen bij die het nooit vanuit zaad via kiemplant en juveniel tot het bloeistadium hadden overleefd. Wanneer die samen met (eventueel aanwezige) wel-aangepaste individuen aan een nieuwe generatie gaan werken verloopt ten eerste de vermenging van genen vanwege het 'uitplantpatroon' minder goed. Als de omstandigheden geschikt zijn komt hetzelfde selectieproces misschien nog op gang, maar later en een stuk minder effectief. Ook nadat de uitgeplante individuen zijn 'aangeslagen' is de kans groot dat pas na 10 jaar duidelijk wordt dat kieming en vestiging door daarvoor ongeschikte lokale omstandigheden tóch niet plaatsvindt.

60241 0030

Keuze van bronmateriaal

De keuze van geschikte bronpopulaties is hierboven al aan bod gekomen, maar is een zeer belangrijk aspect van herintroducties die meer discussie vraagt. Slechts weinigen realiseren zich hoe belangrijk de herkomst van het zaad kan zijn voor het slagen van herintroducties. Dat wordt vooral veroorzaakt door onbekendheid met de ecologisch-evolutionaire processen en patronen die - grotendeels onzichtbaar - ook in ons kleine land bestaan.

Een goed voorbeeld, en één van de weinige soorten die in dit opzicht goed is onderzocht, is parnassia (Oostermeijer 2015). Zaad uit kustpopulaties van deze soort, dat via maaisel vanuit de Lauwersmeer naar Drenthe is gebracht, blijkt prima aan te slaan in het binnenland in Drenthe, en beheerders zijn blij met deze planten, die het immers goed doen en er hetzelfde uitzien. Dat is echter niet het probleem van deze introductie. Het probleem is dat kustpopulaties een ander aantal chromosomen (2x) hebben dan binnenlandse (4x). Daardoor ontstaan problemen pas wanneer zaden van de kustpopulaties - door verdere verspreiding via maaimachines of maaisel - terechtkomen in, of nabij, de binnenlandse populaties. Wanneer planten met verschillende chromosoomaantallen namelijk met elkaar kruisen ontstaat een "genetische chaos" die vervolgens de levensvatbaarheid van de binnenlandse populaties ernstig bedreigt (zie Young & Murray (2000) voor een Australisch voorbeeld van wat er kan gebeuren). We kunnen er onze schouders over ophalen, maar het voorzorgsprincipe leert ons dat we dit soort acties beter kunnen vermijden dan achteraf proberen op te lossen.

Vooral bij planten komt aanpassing aan lokale omstandigheden veel voor, en dat leidt vaak tot varianten, rassen en ondersoorten (Leimu & Fischer 2008). Dat is niet alleen bij zeldzame soorten het geval, ook bij smalle weegbree bestaan populaties die aan open, droge graslanden zijn aangepast en populaties die juist in natte hooilanden gedijen (van Groenendael 1986). De verschillen, die zich bijvoorbeeld uiten in de grootte en de stand van de rozetbladeren (klein en plat op de grond versus lang en smal en rechtopstaand), zijn genetische bepaald, waardoor kruisingen tussen deze ecotypen het noch in droog grasland noch in nat hooiland goed doen. Wanneer dus verkeerde ecotypen voor herintroductie worden gebruikt neemt de kans op succes van een herintroductie meteen al af. Een ander voorbeeld is de klokjesgentiaan, waar heide- en graslandpopulaties verschillen in groeistrategie, zodat genotypen van het ene ecotype niet overleven in de habitat van de ander (Oostermeijer 2000, de Boer 2015). Dit lijkt op de Kampina al geleid te hebben tot het niet aanslaan van zaden uit blauwgrasland in de natte heide (mond. med. Gijs Clements, Natuurmonumenten).

Soms wordt geopperd dat er bij een herintroductie net zo goed zaden van de Cruydt-Hoeck, de Intratuin of zelfs uit het buitenland gebruikt kunnen worden, maar niets is minder waar. Het is ten eerste aangetoond dat lang in kweek zijnde populaties niet alleen veel genetische diversiteit hebben verloren, maar ook aan heel andere milieuomstandigheden aangepast zijn geraakt, en daardoor eigenschappen hebben verloren die ze in staat stellen om te overleven in de natuur (o.m. Enßlin *et al.* 2011). Een ander goed voorbeeld is de mislukte herintroductie van rozenkransje en valkruid in hellingschraalland in Zuid-Limburg, die werd geweten aan niet-geschikte habitatcondities (Smits *et al.* 2009), maar waarschijnlijk net zo goed, of zelfs eerder, te wijten zijn aan het feit dat zaden van niet-wilde herkomst moesten worden gebruikt. Herintroducties van valkruid met zaden uit een Arnicakwekerij in Drenthe bleken ook niet succesvol, wat mede veroorzaakt kan zijn doordat men allerlei maatregelen moest nemen, zoals hogere plantbedden, om de planten te kunnen kweken.

Voor buitenlands wild materiaal komt hier nog eens bij dat de kansen groot zijn dat de habitatcondities te verschillend zijn. Kleine schorseneer komt in Nederland in het mozaïek van droge heide en heischraal grasland voor, maar is in België en Luxemburg kenmerkend voor nat blauwgrasland. Ook kunnen populaties aan verschillende klimaatcondities zijn aangepast (bijv. Atlantisch in Nederland en uitgesproken continentaal daarbuiten). Onderzoek heeft laten zien dat niet zozeer de geografische afstand tussen bron- en doelpopulatie/gebied leidend is, maar de "eco-

60241 0030

evolutionaire afstand", hoewel bij toenemende geografische afstand de kans op klimaataanpassingen uiteraard ook toeneemt (Fenster & Galloway 2000, Keller *et al.* 2000). Buitenlands materiaal is dus niet uit den boze, maar moet wél een van de laatste keuzes vormen, bijvoorbeeld wanneer er van een soort nog maar één of twee populaties resteren. In het kader van betere aanpassing aan de bijna mediterrane klimaatomstandigheden van de (nabije) toekomst zouden experimenten met genenmateriaal uit bijv. Franse of meer continentale Duitse populaties van heischrale soorten zeer zinvol zijn. Dergelijke experimenten moeten echter alleen onder gecontroleerde omstandigheden worden uitgevoerd.

Vooral wanneer de kans bestaat dat geïntroduceerd genenmateriaal in contact komt met bestaande populaties is er bij een te grote eco-evolutionaire afstand risico op uitteeltdepressie (het afnemen van de vitaliteit door vermenging van verschillend aangepaste populaties, zie ook Oostermeijer *et al.* 2013), waardoor populaties van de regen in de drup worden gebracht (Keller *et al.* 2000). De keuze van bronmateriaal is om bovengenoemde redenen dus een kwestie van uiterst zorgvuldige afweging vooraf. Wanneer twijfel bestaat moet deze afweging worden gevolgd door voorzichtige, goed-gemonitorde experimenten voordat tot grootschaliger herintroductie wordt overgegaan.

Wanneer welke soorten inbrengen

Bij het herstel van heischraal grasland wordt eerst ingezet op het snel laten dichtgroeien van de nog kale bodem met zogeheten "matrixvormende" soorten die in heischraal grasland een hoge bedekking hebben. Dit zijn ook de soorten die de vegetatie snel domineren en kenmerkende soorten eruit concurreren. Voor de kenmerkende soorten van heischraal grasland zijn zeer waarschijnlijk juist open plekken belangrijk voor de kieming van zaden en vestiging van kiemplanten. Er is nog te weinig onderzoek gedaan om te kunnen weten wanneer deze soorten zich precies in de successie vestigen, maar een dichte vegetatie van dominante soorten is vrijwel zeker ongunstig voor de vestiging van minder concurrentiekrachtige soorten én dus voor het ontstaan van een soortenrijke vegetatie. Wanneer eerst maaisel wordt ingebracht om de matrix zich te laten vormen kan het later dus weer nodig zijn om de vegetatiestructuur open te maken om zulke kritischer soorten een kans te geven. Idealiter krijgen eerst de kritischer soorten een grotere vestigingskans, en worden daarna pas de dominantere matrixvormers geïntroduceerd.

Keuze van de soorten in dit project

Voor dit project is gekozen om juist niet de meest zeldzame soorten op te nemen. Voor een aantal (ernstig) bedreigde soorten lopen al herstelprojecten en is er een kweekprogramma, zoals bijv. Rozenkransje, Kleine schorseneer, Knollathyrus en Kleine tijm. Dat wil niet zeggen dat andere zeer zeldzame soorten, bijv. het bijzondere Heidemelkviooltje, geen aandacht behoeven. Uit onderzoek is echter gebleken dat ook de minder zeldzame soorten als tandjesgras, mannetjesereprijs, muizenoor, liggend walstro, stijve ogentroost, hondsviooltje, valkruid, borstelgras, heidekartelblad, etc. zich niet of nauwelijks vestigen met maaisel of uit ingebracht zaad (Loeb et al. 2017). Het is niet mogelijk om binnen het korte tijdsbestek van dit onderzoeksproject al deze soorten te onderzoeken, daarom zijn door het onderzoeksteam de volgende soorten gekozen: liggende vleugeltjesbloem, hondsviooltje, valkruid, mannetjesereprijs, heidekartelblad, echte guldenroede en tandjesgras. Al deze soorten zijn indicatoren voor kwalitatief goed heischraal grasland (van der Zee et al. 2017). valkruid is goed onderzocht, maar nog steeds zeldzaam. Klokjesgentiaan en blauwe knoop zijn ook wenssoorten, maar deze zijn minder zeldzaam en goed onderzocht. Beide soorten bloeien relatief laat en staan in vrucht als er wordt gemaaid, dus dan gaat het sneller goed. De gekozen soorten zijn

60241 0030

typisch voor droog heischraal grasland, een systeem dat veel moeilijker te herstellen is dan de vochtige variant.

Conclusies

1. Er zijn allerlei populatiebiologische en -genetische redenen die kunnen verklaren waarom zaden van soorten van heischraal grasland die kleine populaties hebben slechts in geringe mate in maaisel terechtkomen.
2. Omdat veel kenmerkende soorten inmiddels al sterk zijn afgenomen is maaisel uit een donorgebied uitspreiden mede daarom geen methode om volledig herstel van de plantengemeenschap van heischraal grasland te bereiken.
3. Wanneer alleen ingezet wordt op overbrengen van maaisel, is er een grote kans dat geen volledig herstel van de levensvatbaarheid van heischrale graslanden en hun kenmerkende flora en vegetatie wordt bereikt, maar een (onwenselijke) situatie waarin de reeds bestaande problemen van te kleine, niet-levensvatbare populaties over meer terreinen worden uitgespreid.
4. Geadviseerd wordt daarom om gebruik te maken van zaad dat met kennis van zaken voor dat specifieke doel is verzameld dan wel geproduceerd. In het geval van bedreigde soorten kan het beste zaad worden gebruikt uit een *ex situ* kweekprogramma voor een soort. Van daaruit kan een grote hoeveelheid zaad met een voor het doelgebied optimale genetische samenstelling worden aangeleverd. Voor minder zeldzame soorten, die in brongebieden nog grote populaties hebben, kan met maaisel worden gewerkt. De maaibalk moet zo laag mogelijk worden afgesteld, het tijdstip van verzamelen van maaisel moet op de doelsoorten worden afgestemd en het maaisel moet zo snel mogelijk na verzamelen worden overgebracht.
5. Tevens wordt geadviseerd om herintroducties niet uit te voeren door het uitplanten van in een kas of proeftuin voorgekweekte volwassen planten, omdat met deze aanpak geen goed beeld ontstaat of het bronmateriaal wel tot een levensvatbare populatie kan leiden. Ook wordt zo de natuurlijke selectie, die met name op kieming en kiemplanten acteert, geheel gepasseerd, wat de aanpassing van het genenmateriaal aan de nieuwe standplaats hindert of sterk vertraagt.
6. Vanuit het perspectief van het donorgebied is het niet wenselijk om bronpopulaties uit te putten door te vaak zaden te oogsten. Plaggen is waarschijnlijk nog minder wenselijk, omdat naast zaden ook planten en de zaadbank verwijderd worden. Voor het stichten van levensvatbare populaties elders zijn al gauw honderden plagjes nodig. Dit heeft nadelige gevolgen voor de bronpopulaties in donorgebieden.
7. Omdat er een groot aantal goed gebufferde locaties beschikbaar is of komt is er een tekort aan geschikte donorgebieden en -populaties. Daarom is het noodzakelijk om in een aantal natuurontwikkelingsterreinen door het handmatig inbrengen van handmatig verzameld zaad uit meerdere bronpopulaties grote, genetisch diverse populaties van de minder zeldzame, matrixvormende heischrale soorten te creëren. Deze 'brongraslanden' kunnen vervolgens dienen als bronpopulaties voor verdere herintroducties of versterkingen op andere locaties.
8. Om goed herstel te kunnen bereiken moet terdege rekening gehouden worden met bovenstaande aspecten én met de herkomst van het gebruikte bronmateriaal. Beheerders kunnen zich daarbij het best laten adviseren door experts op dit gebied. Bij voorkeur worden herintroducties of populatieversterkingen ook door deze experts uitgevoerd.
9. Het op eigen initiatief lokaal inzaaien of uitplanten van zaden van zeldzame of bedreigde plantensoorten is doorgaans zeer weinig succesvol, en leidt bovendien tot een situatie waarin op een gegeven ogenblik niemand meer weet waar wat vandaan komt. Het resultaat is dat overal

60241 0030

suboptimaal aangepaste populaties van wilde planten (algemene én zeldzame) zullen ontstaan, die een voorspoedig herstel van de wilde flora, en de daaraan gekoppelde fauna, zullen hinderen.

Voorstel voor aan toekomstige praktijkproeven gekoppeld onderzoek

Het is van groot belang, niet alleen voor het herstel van heischrale graslanden maar ook van andere graslandtypen, dat de demografische én genetische effecten van herintroductie via maaisel beter onderzocht worden. Daarbij kan aan enkele doelsoorten de hypothese getoetst worden dat door het inbrengen van maaisel onvoldoende zaden worden ingebracht om een genetisch diverse, levensvatbare populatie te verkrijgen. Door gebruik te maken van algemene soorten of van soorten waarvoor reeds een *ex situ* kweekprogramma bestaat van waaruit herintroductie heeft plaatsgevonden kan een vergelijking worden gemaakt tussen de in dit hoofdstuk beschreven verschillende methoden van aanpak. Bij voorkeur worden soorten gekozen waarvoor reeds geschikte moleculaire merkers beschikbaar zijn. Dat is bijv. het geval voor valkruid. Ook voor kleine schorseneer is er nu financiering voor de ontwikkeling van merkers, en voor het rozenkransje wordt financiering aangevraagd.

60241 0030

5. Herintroductieplan

Dit herintroductieplan bestaat uit een maaiselplan waarin met de verzamelde kennis over de beschikbaarheid van maaisel in 2021 en locaties waar maaisel gewenst is, een verdeling wordt gemaakt van he maaisel. Dit maaiselplan is samengesteld aan de hand van de op dit moment beschikbare kennis over beschikbaarheid en wensen. De gebruikte criteria voor de verdeling kunnen gehanteerd worden voor een nieuwe verdeling in andere jaren of als er gedurende het jaar wijzigingen optreden. Na het maaiselplan worden richtlijnen gegeven voor herintroductie; deze gaan in op de wijze van verzamelen van het maaisel en zaden, en de monitoring van de herintroductie.

Maaiselplan voor een optimale verdeling over de projectlocaties

Op basis van het overzicht van de projectlocaties en dat van de onderzochte donorgraslanden is voor 2021 een maaiselplan opgesteld om het schaarse maaisel optimaal te verdelen over de projectlocaties. Geprobeerd is om ongeveer 1 ha donorgrasland toe te wijzen aan 1 ha projectlocatie, maar in de praktijk was hiervoor meestal onvoldoende donorgrasland beschikbaar. Het resultaat van de maaiselverdeling over de projectlocaties is weergeven in tabel 5.1. De maaiselverdeling is hierin op hoofdlijnen weergegeven, naar regio, natuurgebied en terreinbeherende organisatie. In een aantal ontvangende projectlocaties zijn de terreinbeheerders zelf bezig met een gedetailleerder maaiselplan, om het maaisel binnen het betreffende gebied optimaal in te zetten (o.a. Beekvliet, Willinks Weust en Manderheide). Nog over blijft het maaisel van enkele donorgraslanden van Delleboersterheide (IFG) en in Centraal- en Zuid-Nederland. Deze donorgraslanden waren niet goed aan een ontvangende projectlocatie te koppelen. Anderzijds zijn er ook enkele projectlocaties waaraan geen maaisel is toegewezen, terwijl daar wel maaisel gewenst is.

Tabel 5.1. De in 2021 geadviseerde verdeling van het maaisel van de donorgraslanden over de projectlocaties.

Donorgrasland	Contactpers	Droog		Vochtig		Ontvangende projectlocatie	Contactpers	
		Kwaliteit	ha	Kwaliteit	ha			ha
Noord-Nederland								
Schaopedobbe IFG	5.1.2e	++	0,23			Schaoped./Ketlikerheide IFG	5.1.2e	min 1,3
Eexterveld SBB	5.1.2e			++	5,1 + 1,6*	Leggelderveld NM	5.1.2e	1,4
Eexterveld SBB	5.1.2e			++	5,1 + 1,6*	Vossenberg HDL	5.1.2e	3
Havelterberg SBB	5.1.2e	+	3,2			Dwingelderveld SBB	5.1.2e	4,9
Kleine startbaan Def	5.1.2e	+++	1,1	+	0,36	Dwingelderveld SBB	5.1.2e	4,9
Arnicaveld Def	5.1.2e	++	0,14	+	0,14	Dwingelderveld SBB	5.1.2e	4,9
Grote startbaan NM	5.1.2e	+	?			Vijftig Bunder NM	5.1.2e	max 18
Oost-Nederland								
Punthuizen SBB	5.1.2e	+	0,29	+	2,5	Beekvliet NM+SBB	5.1.2e	min 12
Stelkampsveld SBB	5.1.2e			++	1	Beekvliet NM+SBB	5.1.2e	min 12
Korenburgerveen NM	5.1.2e			++	1,6	Beekvliet NM+SBB	5.1.2e	min 12
Kuenveen NM	5.1.2e			+	1,6*	Beekvliet NM+SBB	5.1.2e	min 12
De Borkeld SBB	5.1.2e	++	0,49	++	0,7	De Borkeld (1-4) SBB	5.1.2e	6
Dal vd Mosbeek LO	5.1.2e	+	< 0,5	+	< 0,5	Manderheide LO	5.1.2e	6
Manderheide LO	5.1.2e	+	11*			Manderheide LO	5.1.2e	6
Willinks Weust SBB	5.1.2e	++	0,81	+++	0,81	Willink Weust SBB	5.1.2e	8,8

Het maaisel van de donorgraslanden is toegewezen aan de projectlocaties op basis van de volgende criteria:

1. Droog of vochtig heischraal grasland: hierin is vooraf onderscheid gemaakt, zowel voor de donorgraslanden als voor de projectlocaties.
2. Regio waarin de locatie ligt: uitgangspunt is geweest dat het maaisel binnen dezelfde regio wordt toegewezen, uitgaande van de vier gehanteerde zandregio's (noord, oost, centraal en zuid).
3. Beoordeling abiotische toestand door B-ware: op basis van de verzamelde abiotische gegevens is ingeschat in hoeverre de projectlocaties geschikt zijn voor het ontwikkelen van heischraal grasland (goed, matig of slecht).
4. Het aantal jaren geleden dat het project is uitgevoerd: hoe minder tijd tussen de uitgevoerde inrichtingswerkzaamheden en het opbrengen van het maaisel, hoe waarschijnlijker het is dat de zaden in het maaisel leiden tot de vestiging van nieuwe soorten. Kort na de inrichting is de grond losser en is er meer kale grond aanwezig, zodat jonge planten zich beter kunnen vestigen.
5. De hoeveelheid kale grond op de projectlocatie: ervaringen tijdens eerdere projecten (o.a. in natuurgraslanden in Gelderland, Eichhorn et al., 2021, in voorbereiding) suggereren dat de vestiging van planten vanuit het maaisel beter verloopt als er meer onbegroeide grond aanwezig is, waarschijnlijk omdat jonge planten dan minder last hebben van concurrentie door de reeds aanwezige vegetatie.
6. De afstand tussen donorgrasland en projectlocatie: deze afstand is bij voorkeur klein vanwege het transport van het maaisel. Daarnaast hebben de terreinbeheerders veelal ook zelf een voorkeur voor het gebruik van lokaal bronmateriaal.

Richtlijnen voor herintroductie van soorten van heischraal grasland via maaisel of zaden

Het herintroductieplan gaat uit van het ontwikkelen van heischraal grasland door op de projectlocaties maaisel uit donorgraslanden op te brengen en daarnaast gericht heischrale soorten in te brengen door middel van zaden. Uit eerder onderzoek aan het overbrengen van maaisel is gebleken dat lang niet alle heischrale soorten even goed worden overgebracht met maaisel (Loeb *et al.* 2017). Daarom is ook het handmatig zaden oogsten van ontbrekende heischrale soorten noodzakelijk om het gewenste soortenspectrum te realiseren op de projectlocaties waar het maaisel wordt opgebracht. Deze richtlijnen zijn opgesteld onder voorbehoud van de resultaten uit jaar 2 van het project.

Bronmateriaal

- **Populaties** van doelsoorten op de bronlocaties moeten **groot en vitaal** zijn, zodat de kans toeneemt dat er grote aantallen zaden in het maaisel terecht kunnen komen.
- Maaisel moet van de **dichtstbijgelegen abiotisch geschikte bronlocatie** worden gehaald, liefst uit dezelfde regio.
- Het **brongebied moet abiotisch zoveel mogelijk lijken op het doelgebied,** zodat de kans het grootst is dat de soorten in het maaisel ook aanslaan in het doelgebied. Indien er geen donorgebied gevonden kan worden dat abiotische goed aansluit, kan er maaisel uit verschillende donorgebieden gebruikt worden, die elk op een deel van de abiotische eigenschappen van het donorgebied aansluiten, om de kans op succesvolle vestiging van zoveel mogelijk soorten te vergroten.
- Bij het gebruik van brongebieden met **soortenarm heischraal grasland**, kan het gebruik van maaisel van **meerdere donorgraslanden met een verschillende soortensamenstelling** mogelijk zorgen voor een grotere soortenrijkdom op de doellocaties.
- **Hoe groter de ecologische verschillen tussen brongebieden zijn, des te groter is de kans op nadelige effecten na vermenging** (uitteeltdepressie). Die nadelige effecten kunnen jaren na het inbrengen nog tot uiting komen. Om deze reden wordt aangeraden voor zover beschikbaar **alléén maaisel uit heischrale graslanden** te gebruiken en niet uit andere habitats.

Verzamelen en opbrengen van maaisel

- Bij het oogsten van maaisel in de donorgraslanden is **maatwerk noodzakelijk** om tot een goed resultaat te komen.
- Het beste kan altijd **zo laag mogelijk worden gemaaid**, zodat ook kleine soorten zoveel mogelijk worden meegeoogst.
- In erg kleine donorgebieden kan het beste **handmatig worden gemaaid** en opgeharkt. Deze werkwijze is intensief en gaat samen met relatief hoge arbeidskosten, maar is gezien de hoge natuurwaarde en de andere hoge kosten van natuurprojecten een zinvolle investering.
- Afgezien van de maaimethode is ook de **timing van het oogsten** van groot belang, want de zaden van de te oogsten heischrale soorten moeten enerzijds rijp zijn, maar anderzijds nog niet zijn uitgevallen.
- Het is daarom van belang om te **kijken wanneer de zaden van de heischrale soorten rijp zijn** en er dus moet worden geoogst.

60241 0030

- Als de aanwezige doelsoorten sterk verschillen in het tijdstip van zaadrijping kan het donorgrasland beter **op twee verschillende tijdstippen** worden gemaaid. Daarvoor kan het donorgrasland desnoods worden opgesplitst in deelgebieden die op verschillende tijdstippen worden gemaaid.
- Na het maaien moet het verzamelde **maaisel zo snel mogelijk, liefst binnen één dag, worden verzameld, opgeraapt, getransporteerd en verspreid** over de ontvangende projectlocatie(s).
- Een week na het opbrengen van het maaisel kan **schudden op de ontvangende projectlocatie** nuttig zijn.
- Het **opslaan van het maaisel in balen is ongewenst** vanwege de kans op broei en omdat de zaden daarin te vochtig blijven, zodat ze kunnen gaan kiemen en vervolgens afsterven als het maaisel wordt opgebracht op de projectlocatie.
- Maaisel uit brongebied(en) kan het best **meerdere jaren achtereen worden opgebracht** om de kans op succesvolle overdracht van zaden en vestiging van kiemplanten te vergroten.
- In bepaalde gevallen kan het belangrijk zijn om maaisel **niet breed over een terrein te verspreiden**, maar op voor kieming en vestiging **geschikte** (bijv. vochtiger) **plekken te concentreren.**

Verzamelen en inbrengen van zaden

- Wij adviseren voor de minder algemene soorten van heischraal grasland **zaden te gebruiken i.p.v. maaisel.** Dat leidt tot:
  - *meer maatwerk (elke soort heeft specifieke eigenschappen en eisen, zie visie)*
  - *gegarandeerd succesvolle overdracht met grotere kans op vestiging*
  - *grotere genetische diversiteit van de nieuwe populaties*
  - *grotere kans op vorming van levensvatbare populaties*
- Omdat herintroducties niet eenvoudig zijn, kunnen deze het beste door specialisten worden uitgevoerd.
- Van de minder zeldzame soorten kunnen **zaden (hopelijk!) nog in grotere bronpopulaties worden verzameld**, zodat specifieke mengsels kunnen worden samengesteld met hogere genetische diversiteit. Dan kunnen ook populaties worden verzameld uit gebieden die te klein zijn om maaisel van te oogsten.
- de verkregen zaadmengsels kunnen in de doelgebieden **gerichter op potentieel geschikte locaties voor kieming en vestiging worden ingezaaid** dan via maaisel mogelijk is.
- Van de **bedreigde kenmerkende soorten** van heischraal grasland zijn in bronpopulaties vaak al geen zaden meer te oogsten, en zeker niet in voldoende aantallen voor herintroducties. Daarvoor zijn ***ex situ* kweekprojecten** door bovengenoemde specialisten als tussenstap noodzakelijk.
- Het **oogsten van zaden uit een *ex situ* kweekpopulatie kan niet direct**, maar vereist kruisbestuivingen, meestal met de hand (om hoge genetische diversiteit te kunnen garanderen). Heel soms lukt het met hulp van insecten. In een kweek kunnen grote aantallen zaden worden gemaakt, maar dat kost enkele maanden werk, en dus geld.
- Het **moment van inbrengen van zaden van juist de meest kritische soorten luistert mogelijk extra nauw**, omdat ze gevoelig zijn voor competitie om licht en dus voor de reeds aanwezige vegetatiestructuur en -samenstelling. Wij adviseren om dus **niet te wachten** totdat er een heischrale vegetatie is ontstaan voordat deze soorten worden ingebracht.

- Gebeurt het inzaaien om een specifieke reden toch later, dan moet de **vegetatiestructuur kleinschalig (verspreid liggende vierkante meters) weer worden opengemaakt**.
- Net als bij het opbrengen van maaisel adviseren wij om ook **meerdere malen achtereen in te zaaien**, omdat het succes sterk afhankelijk is van de hoeveelheid neerslag in de maanden na het inzaaien. De populaties die zich vestigen mogen niet te klein blijven, vanwege verlies aan genetische diversiteit en levensvatbaarheid.

Monitoring en succesparameters

- Het uiteindelijke doel is **heischraal grasland met levensvatbare populaties** van de in de regio thuishorende karakteristieke soorten.
- In de eerste jaren na opbrengen van maaisel en/of zaaien van zaden is **monitoring van de kieming en vestiging van doelsoorten** noodzakelijk.
- De **populatiegroottes en populatieopbouw van de doelsoorten** moeten worden bepaald, om vast te stellen of er groei optreedt en er kans is op ontstaan van een levensvatbare populatie van minimaal 250 bloeiende individuen.
- Na twee jaar kunnen vegetatieopnamen worden gemaakt om de **vegetatiestructuur en -samenstelling** te vergelijken met die van de brongebieden.
- Op basis van bovenstaande monitoringresultaten kan de **noodzaak voor vervolgacties** worden bepaald.

6. Activiteiten 2021 voor fase I van het project

Het programma voor fase I van dit project loopt ook in 2021 nog door. In 2021 zal het volgende gedaan worden:

- bemonstering en bodemchemische analyse van percelen in Oude Willem en het Ellersinghuizerveld voor om een inschatting te maken van hun geschiktheid voor de ontwikkeling van heischraal grasland;

- analyse van de levensvatbaarheid van restpopulaties van liggende vleugeltjesbloem, hondsviooltje, valkruid, mannetjesereprijs, heidekartelblad, echte guldenroede en tandjesgras. Tevens wordt nagegaan voor welke doelsoorten in de toekomst een kweekprogramma noodzakelijk is;

- het aanpassen van een herintroductieplan met de resultaten van de analyse van de levensvatbaarheid van bovengenoemde soorten. Er zal dan worden ingegaan op de vraag of zaden van bovengenoemde soorten voor herintroductie direct te verzamelen zijn uit het veld, of dat het noodzakelijk is voor deze soorten een kweekprogramma op te zetten.

7. Tussentijdse samenvatting en conclusies fase I

Vanuit het Actieplan Heischrale graslanden is het ontwikkelen van nieuw heischraal grasland, naast het versterken van bestaande heischrale graslanden, gestimuleerd. Veel beheerorganisaties hebben de afgelopen vijf jaar landbouwgrond aangekocht, mede met als doel om er heischraal grasland te ontwikkelen. Omdat er op voormalige landbouwgrond geen zaden van heischrale soorten in de bodem zitten, en omdat er nauwelijks dispersie van zaden van heischrale soorten naar de nieuwe percelen te verwachten is, zullen deze diasporen via vers maaisel aangevoerd of handmatig uitgezaaid moeten worden (Loeb et al., 2017). Voor met name droog heischraal grasland is er zó weinig oppervlak met redelijk tot goed ontwikkeld heischraal grasland beschikbaar, dat een landelijke coördinatie van de verdeling van het beschikbare maaisel gewenst is.

Om in kaart te brengen hoeveel heischraal grasland er ontwikkeld wordt of recent ontwikkeld is op voormalige landbouwgrond is bij beheerders geïnformeerd waar zij heischraal grasland willen ontwikkelen. Het startpunt hiervoor was een lijst die opgesteld was voor het Actieplan Heischraal grasland. Uit de inventarisatie blijkt de wens om ongeveer 400 hectare voormalige landbouwgrond om het om te vormen naar heischraal grasland. Het zwaartepunt ligt hierbij in het noorden en het oosten van het land. Op meer dan 200 hectare hiervan zou droog heischraal grasland ontwikkeld moeten worden. Veel van deze percelen zijn de afgelopen jaren, of als onderdeel van dit onderzoek, bodemchemisch in kaart gebracht.

Voor percelen waarvoor dat nog geen bodemchemisch onderzoek was uitgevoerd, is dit in dit project gebeurd. Dit betrof percelen in Mandeveld, Dellebuursterheide, Schaopedobbe, Vossenberg & Hamveld, Manderheide, Kroondomein, Assel, Stroe, Huis ter Heide en Kampina. Voor Oude Willem en het Ellersinghuizerveld zal dit in 2021 nog gebeuren. Bij de Schaopedobbe en Manderheide lagen er goede kansen op voormalige bospercelen. De bodem is hier na strooiselverwijdering wel sterk verzuurd, maar dit is te verhelpen met bekalking. Ook op een perceel in de Kampina liggen er kansen als er wordt bekalkt. Op de Vossenberg kan bij voldoende ontgronden een akker omgezet worden naar heischraal grasland. Ook is zijn er enkele (delen van) heringerichte percelen op de Vossenberg en op het aangrenzende Hamveld waar heischraal grasland ontwikkeld kunnen worden. Voor een aantal andere percelen wordt geadviseerd ze eerst verder te verschralen. Op sommige locaties, zoals de voormalige akker in Stroe, is de fosfaatrijkdom tot diep in de bodem te hoog voor heischraal grasland, zodat hier beter een ander doel gekozen kan worden.

Bezien over het geheel aan percelen die nu zijn opgenomen in de database, zijn deze voormalige landbouwpercelen die voorafgaand aan herinrichting zijn doorgemeten, veel te rijk aan fosfaat om heischraal grasland te kunnen ontwikkelen. Door het landbouwkundige gebruik zijn deze gronden echter veel minder sterk verzuurd dan veel natuurterreinen, waardoor de pH en de basenverzadiging in veel gevallen wel al geschikt zijn voor heischraal grasland. Om de voedselrijkdom afdoende naar beneden te brengen moet meestal enkele decimeters ontgrond worden. Als de pH en buffering niet voldoen, kan er daarnaast aanvullend bekalkt worden. Het gebruik van steenmeel op heischraal grasland om de buffering omhoog te brengen, lijkt vooralsnog minder effectief (Bobbink et al., 2020). Op percelen waar na herinrichting is gemeten, blijkt een aanzienlijk deel nog steeds niet te voldoen aan een voldoende lage beschikbaarheid van fosfaat. Een kleiner deel heeft een te lage of een te hoge pH en buffering. Met een te hoge fosfaatbeschikbaarheid wordt verwacht dat er geen duurzame ontwikkeling naar heischraal grasland mogelijk is, maar dit zou voor een licht verhoogde beschikbaarheid nog onderzocht moeten worden.

In totaal voldoet ongeveer 76 hectare van de her in te richten of heringerichte percelen na herinrichting (inclusief geadviseerde bekalking) aan de bodemchemische randvoorwaarden voor

heischraal grasland. Kansrijke percelen of perceelsdelen liggen in Beekvliet, De Borkeld, Dwingelderveld, Havelterberg/Holterveld, Manderheide, Sallandse heuvelrug, Schaopedobbe, Kampina. Korenburgerveen, Vijftig Bunder, Vossenberg & Hamveld, Willinks Weust en Wooldse Veen. 56 hectare daarvan wordt omgezet in droog heischraal grasland, 17 in vochtig heischraal grasland en 3 in een combinatie van beide. In totaal hopen beheerders voor circa 83 hectare maaisel te betrekken uit het maaiselplan. Dit kan nog meer worden, omdat het nog niet voor alle percelen bekend is of er maaisel nodig is. Als er voor gekozen zou worden om alleen abiotisch zeer geschikte locaties van maaisel te voorzien, is er voor minimaal 21 hectare droog heischraal grasland maaisel benodigd, voor 0,7 hectare vochtig heischraal grasland en voor 3 hectare gecombineerd heischraal grasland. Voor een dergelijke keuze moet wel meegewogen worden dat er in de andere terreinen mogelijk ook kansen liggen, onder meer omdat heischraal grasland vaak op gradiënten van zuur (heide) naar gebufferd (o.a. blauwgrasland/ droog schraalland) voorkomt, waardoor in gebieden met gradiënten de kansen mogelijk beter zijn dan dat deze op perceelsschaal in kaart is gebracht.

Om te inventariseren waar geschikt maaisel aanwezig is, zijn 15 natuurterreinen bezocht, waarbij 27 deelgebieden in kaart zijn gebracht en beoordeeld. In Noord-Nederland waren dit de Schaopedobbe, Dellebusterheide, Eexterveld, Havelterberg (deel SBB), Kleine startbaan, Arnicaveld (Havelterberg deel Defensie) en de Grote Starbaan. Het Mandefjild is niet bezocht, maar beoordeeld op grond van een recente vegetatiekartering. In een deel gebieden in het noorden van Nederland komt nog valkruid voor. Ook liggende vleugeltjesbloem, gelobde maanvaren, kleine tijm en hondsviooltje werden hier aangetroffen. In het oosten van Nederland werden Punthuizen, Dal van de Mosbeek, Manderheide (Mandercirkels), De Borkeld, Stelkampsveld, Willinks Weust, Korenburgerveen en het Kienveen bezocht. Het betrof hier meer vochtig dan droog heischraal grasland. Aangetroffen werden onder andere heidekartelblad, parnassia, liggende vleugeltjesbloem, gewone vleugeltjesbloem, valkruid en welriekende nachtorchis. In Centraal-Nederland (Veluwe) werden de Staverdense Leemputten en de Hoge Veluwe bezocht. Legerplaats Harskamp werd op grond van vegetatiekarteringen beoordeeld. In de twee laatstgenoemde komen onder andere heidezegge, kleine schorseneer, gelobde maanvaren en valkruid voor. De Groote Heide bij Venlo werd in het zuiden van Nederland als mogelijk donorgebied beoordeeld. Omdat het hier niet om echt heischraal grasland gaat, en het terrein ver van te ontwikkelen percelen af ligt, wordt aanbevolen in 2021 verder op zoek te gaan naar geschikt heischraal grasland in Zuid-Nederland. Deze aanbeveling wordt ook gedaan voor Centraal-Nederland, waar gedetailleerdere karteringen nodig zijn, dan nu beschikbaar zijn. Voor de Hoge Veluwe zal het niet mogelijk zijn om grootschalig te maaien, omdat de heischrale elementen hier erg fragmenteerd voorkomen in een heidegebied. Hier zal met een bosmaaier op kleine plekjes maaisel moeten worden verzameld, of handmatig zaden. In totaal werd er ongeveer 18 hectare potentieel maaisel voor heischraal grasland in kaart gebracht, waarvan meer dan de helft in de Mandercirkels, waar de vegetatie niet classificeert als heischraal grasland. Eveneens 18 hectare werd geschikt bevonden als donormateriaal voor vochtig heischraal grasland, waarvan circa 3 hectare niet classificeerde als heischraal grasland.

Bij het oogsten van maaisel in de donorgraslanden is maatwerk noodzakelijk om tot een goed resultaat te komen. Het beste kan altijd zo laag mogelijk worden gemaaid, zodat de kans toeneemt dat ook kleine soorten worden meegeoogst. Voor een grotere nauwkeurigheid heeft een maai-zuigcombinatie of een klepelmaaier met opvangbak de voorkeur boven maaien met een maaibalk. In erg kleine donorgraslanden kan het beste handmatig worden gemaaid en opgeharkt. Deze werkwijze is intensief en gaat samen met relatief hoge arbeidskosten, maar is gezien de hoge natuurwaarde en de andere hoge kosten van natuurprojecten een zinvolle investering.

Afgezien van de maaimethode is ook de timing van het oogsten erg belangrijk, want de zaden van de te oogsten heischrale soorten moeten goed rijp zijn. Het juiste tijdstip kan verschillen tussen

terreinen en tussen jaren en is mede afhankelijk van het weer en van eventuele maaibeurten eerder in het seizoen. Het is daarom van belang om goed te kijken wanneer er moet worden geoogst. Als de heischrale soorten sterk verschillen in het tijdstip waarop zij het beste kunnen worden geoogst, dan kan het donorgrasland beter worden opgesplitst in deelgebieden die op verschillende tijdstippen worden gemaaid.

Op basis van een populatiebiologische benadering zou het gebruik van maaisel van terreinen waar doelsoorten voorkomen alleen levensvatbare populaties kunnen opleveren als de bronpopulaties een minimale levensvatbare populatiegrootte hebben. Gezien de achteruitgang van het areaal van heischraal grasland is het niet uit te sluiten dat van veel kenmerkende soorten het aantal individuen in de populaties en dus ook de vitaliteit is afgenomen. De huidige bronpopulaties van de kenmerkende soorten zouden dan te klein zijn om als goede zaadbron te dienen. In de meest ongunstige situatie produceren de planten niet of nauwelijks zaden als gevolg van een gebrek aan bestuivers en/of genetische diversiteit, of de zaden hebben een lage vitaliteit door genetische erosie en/of (gedwongen) inteelt, zoals bij valkruid, kleine schorseneer, rozenkransje, kleine tijm maar ook klokjesgentiaan. Soortspecifieke eigenschappen als het voortplantingssysteem en de levensvorm spelen een belangrijke rol hoe de genetische diversiteit verdeeld is per soort en/of populatie. De populatiebiologische processen worden ook beïnvloed door de omgeving (standplaatskwaliteit, fragmentatie (populatiegrootte en isolatie) en de afhankelijkheid van insecten).

Voor de meeste plantensoorten zijn bovengenoemde eigenschappen niet of nauwelijks onderzocht, en dat geldt ook voor de minder bedreigde heischrale graslandsoorten. Het ontbreken van deze kennis heeft echter gevolgen voor het effectief laten ontstaan van levensvatbare populaties op andere locaties, zeker als soorten van elkaar afhankelijk zijn om te kunnen uitbreiden en te overleven. In 2021 zal van liggende vleugeltjesbloem, hondsviooltje, valkruid, mannetjesereprijs, heidekartelblad, echte guldenroede en tandjesgras de populatiegrootte geschat worden en zullen vruchten verzameld worden om de zaadproductie te kwantificeren. Hierdoor ontstaat er voor deze soorten enig inzicht in de productie van kiemkrachtige zaden en de kwaliteit van de bronpopulaties. Dit onderzoek zal deels plaatsvinden in terreinen die voor het maaiselplan gebruikt gaan worden. Aan de hand van de resultaten kunnen we voorspellen of het gebruik van maaisel een succesvolle beheermaatregel kan zijn voor het laten ontstaan van duurzaam heischraal grasland, of dat er meer maatwerk nodig is, of dat het beter is om *ex situ* of *inter situ* populaties te maken om de genetische diversiteit te vergroten en zaden handmatig in te kunnen brengen. Onder *inter situ* populaties verstaan we dan speciaal voor gebruik als brongrasland ontwikkelde heschrale graslanden.

Verder bevelen we aan om de effectiviteit van het overbrengen van soorten via maaisel of direct als zaad te vergelijken om beter advies te kunnen geven over een optimale herintroductiestrategie en de noodzaak van het samenstellen van *ex situ* of *inter situ* populaties. Dit kan specifiek voor heischraal grasland, maar zou nóg beter landelijk kunnen worden uitgevoerd, voor meerdere typen prioritaire habitats.

In het herintroductieplan wordt het beschikbare maaisel uit de onderzochte donorgraslanden verdeeld over de meest kansrijke plekken voor de ontwikkeling van heischraal grasland. Bij de verdeling is rekening gehouden met het type heischraal grasland (droog/vochtig) dat naar verwachting gerealiseerd kan worden, de regio, de beoordeling van de abiotische geschiktheid, hoe lang geleden het terrein is herichtgericht en hoeveel open grond er nog aanwezig is, en de afstand tot bestaand heischraal grasland. In een richtlijn voor herintroductie wordt uiteengezet waar er op gelet moet worden bij het verzamelen van maaisel en zaden, en het aan-/inbrengen daarvan op projectlocaties.

In 2021 zal fase I van het programma worden voortgezet met onder andere de beoordeling van de populatiegrootte en zaadzetting van bovengenoemde soorten. Op basis van de resultaten zal de

noodzaak van een kweekprogramma voor deze belangrijke heischrale soorten beoordeeld worden. Ook worden nog twee terreinen met voormalige landbouwgrond bodemchemisch beoordeeld waar heischrale ontwikkeling plaatsvindt.

In een tweede fase van het programma, dat in hoofdstuk 8 besproken wordt, wordt een aantal heringerichte terreinen gemonitord nadat er maaisel en zaden zijn ingebracht. Daarnaast zal er nog aanvullend gezocht worden naar extra donorgraslanden voor maaisel voor droog heischraal grasland, met name in Zuid-Nederland.

60241 0030

8. Plan fase II OBN Ontwikkeling en herstel van heischraal grasland

Inleiding

Op net ingerichte terreinen adviseren we om maaisel op te brengen op basis van het in fase I opgestelde maaiselplan (hoofdstuk 6). Doel van het opbrengen van maaisel is tweeledig: 1) voorkomen dat het terrein dichtgroeit met ongewenste soorten, waardoor de "window of opportunity" voor inbrengen van heischrale soorten voorbij is, en 2) op basis van de huidige kennis en beschikbare middelen trachten zo veel mogelijk kenmerkende heischrale soorten in te brengen als vitale populaties. We weten ondertussen dat dat soms redelijk goed gaat (zie o.a. Van Noordwijk et al., 2015; Loeb et al., 2017), maar ook dat het heel erg moeilijk is om alle kenmerkende soorten van heischraal grasland middels maaisel in te brengen (Loeb et al., 2013). Het is niet altijd te voorspellen waarom het soms wel en soms niet goed lukt. Wanneer dit minder gaat, komt dat deels doordat er een gebrek is aan goed ontwikkelde donorsites, praktische moeilijkheden met het verzamelen van goed maaisel op een locatie door bijvoorbeeld kleine oppervlakken en door soortspecifieke eigenschappen. Behalve voor valkruid, is er gebrek aan kennis over de specifieke eigenschappen van algemenere kenmerkende soorten als tandjesgras, mannetjesereprijs, muizenoor, liggend walstro, stijve ogentroost, hondsviooltje, borstelgras en heidekartelblad. Er is daarom behoefte aan een volgende fase in het onderzoek, waarin nader uitgezocht wordt wanneer het uitrijden van maaisel en zaden beter of minder goed werkt, afhankelijk van de karakteristieken van de vegetatie op de donorsite en de omstandigheden op de ontvangende locatie.

In fase I van het OBN-onderzoek is in kaart gebracht waar in Nederland voormalige landbouwgronden worden omgevormd naar heischraal grasland en van welke goed ontwikkelde heischrale graslanden er maaisel gebruikt zou kunnen worden. Ook wordt op basis van populatiegrootte aangevuld met inzichten over de zaadproductie nog onderzocht hoe vitaal populaties van geselecteerde karakteristieke heischrale soorten zijn. Daarnaast wordt een overzicht uitgewerkt van wat de problemen kunnen zijn van het werken met maaisel voor het herstel van soorten met minder vitale populaties, of voor soorten die niet met maaisel meekomen. Voor dit overzicht wordt zowel theoretische kennis als praktijkervaring gebruikt.

Uit de eerste fase bleek dat er niet van alle regio's voldoende bekend is over mogelijke donorsites voor maaisel. De geschikte locaties in het noorden en oosten van Nederland zijn nu voldoende in kaart gebracht, maar in Centraal- (Veluwe) en Zuid-Nederland (Brabant) zijn nog niet voldoende donorsites voor maaisel beschikbaar. Dit hangt deels samen met het beperkte aantal, de geringe grootte en de in het algemeen minder goede kwaliteit van - met name droge - heischrale graslanden in deze regio's. Toch zijn hier echter nog wel kleinere locaties te vinden waar op geringere oppervlakken redelijk goed ontwikkeld heischraal grasland kan worden gebruikt als donorsite voor maaisel of zaden. Deze locaties moeten nog verder in kaart worden gebracht om ook voor de regio's Midden en Zuid voldoende maaisel beschikbaar te krijgen. Omdat er al locaties op de Veluwe in beeld zijn gebracht, ligt de prioriteit bij het zuiden van Nederland. Doel is om hier een droge en een vochtige locatie in beeld te brengen. Daarnaast mist er nog een goed beeld van de Grote Startbaan, die wel regelmatig al als donorlocatie wordt gebruikt. Ook de Grote Startbaan wordt in fase II in kaart gebracht.

Inmiddels is een groot aantal terreinen heringericht en wordt er ook op een aantal terreinen maaisel aangebracht; deels op advies dat gegeven is met behulp van het maaiselplan van fase I, voor een ander deel ook terreinen waar beheerders al eerder maaisel hebben ingebracht. Voor deze terreinen willen we graag weten of er zich inderdaad een ontwikkeling naar heischraal grasland voltrekt. Ook

kan hier voor de geselecteerde soorten Tandjesgras, Mannetjesereprijs, Muizenoor, Liggend walstro, Stijve ogentroost, Hondsviooltje, Valkruid, Borstelgras, Heidekartelblad gekeken worden of het lukt om hier via zaden die in het veld verzameld zijn, vestiging van populaties te verkrijgen. Dit zijn soorten waarvan we op grond van eerder onderzoek (Loeb et al., 2013) en op grond van soortspecifieke karakteristieken vermoeden dat zij slecht met maaisel worden overgebracht. Om deze reden wordt in fase I van dit onderzoek in kaart gebracht waar er zich op basis van populatiegrootte nog vitaal geachte populaties van deze soorten bevinden. De enige reeds goed onderzochte soort is Valkruid.

Naast deze praktische inrichtings- en monitoringsactiviteiten moet ook nagedacht worden over de soortensamenstelling en kwaliteit van de geherintroduceerde populaties van de aan te leggen heischrale graslanden. Als er zaden ingebracht worden, voor welke soorten wordt dan gekozen?

Deze twee sporen worden hieronder verder uitgewerkt als plan voor fase II.

De belangrijkste onderzoeksvragen die in deze tweede fase zullen worden beantwoord, zijn:

- Welke soorten hebben zich op de locaties mogelijk uit het maaisel gevestigd?

- Hoe ontwikkelt de vegetatie op deze plekken zich?

- Welke soorten karakteristieke soorten die moeizaam met maaisel meekomen, kunnen zich goed uit zaad vestigen?

- Voor welk van deze soorten die uitgezaaid worden is geen kweekprogramma benodigd, omdat er vitaal zaad uit bestaande populaties kan worden gehaald?

Plan van Aanpak fase II

1. In kaart brengen aanvullende donorsites

Bij het in kaart brengen van aanvullende donorsites moet de focus liggen op Centraal- en Zuid-Nederland, omdat daar nog weinig donorlocaties beschikbaar zijn. Gedacht wordt aan in totaal drie locaties: een droge en een vochtige in Noord-Brabant - o.a. de leemkuilen bij Dorst- en de Grote Startbaan in Drenthe. Dit zal op eenzelfde wijze gebeuren als in fase I. De resultaten hiervan kunnen gebruikt worden voor het opstellen van maaiselplannen in de toekomst.

2. Monitoring herstel heischraal grasland op voormalige landbouwgrond

Om te achterhalen voor welke soorten het gebruik van maaisel en zaden effectief is, worden vijf percelen gekozen die recent hersteld zijn, en waarvan de abiotiek waarschijnlijk op orde is. Dit zullen percelen zijn waar in 2020, 2021 of eventueel eerder maaisel is gebruikt uit één of meerdere terreinen uit het maaiseloverzicht. De percelen worden geselecteerd op grond van de volgende criteria:

- er is alleen maaisel gebruikt uit de onderzochte donorterreinen en niet uit andere, niet onderzochte, terreinen. Het is anders niet meer te achterhalen hoe effectief het opbrengen van maaisel en van zaad is geweest;

- de betreffende beheerder gaat akkoord met het uitzaaien van de zaden van de geselecteerde soorten. Deze zaden worden door Science4Nature in het veld verzameld en in een optimale combinatie voor een genetisch vitale populatie ingezaaid. Toestemming hiervoor is essentieel, omdat

het onderzoek anders niet kan worden uitgevoerd. Eventueel kunnen ingezaaide populaties na afloop van het onderzoek desgewenst weer verwijderd worden.

- het zwaartepunt van het onderzoek ligt op terreinen waarin droog heischraal grasland wordt ontwikkeld, omdat hier de grootste knelpunten liggen. Daarnaast hebben percelen waarin sprake is van een gradiënt van droog naar vochtig de voorkeur. Hier is de verwachting dat er meer kans is op vestigingsmogelijkheden onder wisselende klimatologische omstandigheden.

- de abiotische omstandigheden zijn geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland.

In Bijlage 3 is een lijst opgenomen van percelen die in fase I van het onderzoek opgenomen en die het best aan deze criteria voldoen. Uit deze lijst zal het projectteam in overleg met de Begeleidingscommissie en de betreffende beheerders een keuze maken.

Op deze percelen zal in drie jaar tijd twee keer worden onderzocht welke soorten zich uit het maaisel hebben gevestigd en hoe de vegetatie zich op deze locaties ontwikkelt. In 2021 en 2023 wordt monitoring uitgevoerd waar in 2020 of eerder maaisel is ingebracht, in 2022 en 2024 in percelen die in 2021 maaisel ontvangen via het maaiselplan. Om te kunnen inschatten welke soorten zich uit het maaisel hebben gevestigd, wordt in beide jaren een Tansley-opname (van maximaal 1 ha) van het perceel gemaakt. Om de ontwikkeling van de vegetatie in meer detail te kunnen volgen, worden in beide jaren vier opnames gemaakt volgens de verfijnde Blaun-Blanquet-schaal (4 x 4 meter).

Daarnaast worden in elk terrein in 2021 op experimentele wijze de kieming en vestiging getest van liggende vleugeltjesbloem, hondsviooltje, valkruid, mannetjesereprijs, heidekartelblad, echte guldenroede en Tandjesgras. Deze soorten behoren tot de matrix van droog heischraal grasland en experimenteel onderzoek heeft aangetoond dat zij zich niet of nauwelijks vestigen na het aanbrengen van maaisel. De oorzaken zijn vooralsnog onbekend. Deze soorten, valkruid uitgezonderd, zijn niet zeer zeldzaam wat mogelijk de reden is dat er zeer weinig bekend is over hun vitaliteit (populatiegrootte, zaadproductie, kieming, genetische diversiteit, etc.). Uit herstelprojecten met zeer zeldzame soorten blijkt dat grote hoeveelheden zaden met een hoge genetische diversiteit tot een betere vestiging leidt (Luijten e.a 2001, Luijten e.a. 2021). Daarnaast blijft kieming en vestiging een samenspel tussen de lokale abiotische omstandigheden en de genetische diversiteit. Door binnen dit onderzoeksproject te kiezen voor deze kwetsbare soorten kan mogelijk aangetoond worden dat kweekprogramma's niet nodig hoeven te zijn. Door actief zaden uit te zaden weten we hoeveel zaden beschikbaar zijn per soort en wat de vestigingskansen zijn. Kieming en vestiging zijn de belangrijkste fasen in de levenscyclus van een soort. Afhankelijk van de aangeboden genetische diversiteit zal juist in deze stadia natuurlijke selectie zorgen voor de meest optimale 'match' tussen genotype en de standplaats. In de huidige opzet kan de genetische diversiteit alleen gestuurd worden door populatiegrootte en het aantal beschikbare populaties. De ingebrachte genetische diversiteit is dus die van de huidige populaties. De zaden worden niet als één mengmonster verzameld, anders gaat er informatie verloren over de zaadzetting. Aan de hand van de hoeveelheid zaad kan een zaaischema opgezet worden. Bij voorkeur worden zaden van verschillende herkomst in meerdere zaaiplots per perceel. Vervolgens wordt in 2021, 2022 (2x), 2023 en 2024 de kieming, vestiging en ontwikkeling van de planten gemonitord. Het is noodzakelijk dit na het zaaien frequent te monitoren, omdat dan in kaart gebracht kan worden hoeveel zaden en kiemen en hoeveel individuen zich daarvan ook daadwerkelijk vestigen. Op die manier kan onderscheid gemaakt worden tussen de kiemkracht van de zaden en andere factoren, zoals droogte, die de vestiging beïnvloeden. Op basis hiervan kan er een inschatting gegeven of er van elk van de soorten op termijn levensvatbare populaties zouden kunnen ontstaan. Binnen dit kortlopende project kunnen niet alle aspecten van de vitaliteit onderzocht worden.

Ook wordt eenmalig in kaart gebracht hoe de bodemchemische kwaliteit van het terrein na herinrichting is. Dit is nodig omdat de meeste terreinen alleen voor herinrichting zijn onderzocht. Er is daarbij advies gegeven over de ontgrondingsdiepte en over eventueel noodzakelijke bekalking. Het is echter niet bekend hoe deze adviezen in praktijk hebben uitgepakt. Daarnaast is meestal ook niks bekend over de variatie in abiotiek in het terrein. Daarom wordt van elk van de percelen de nutriëntentoestand en buffering en basenverzadiging in kaart gebracht (P-Olsen, NaCl-extractie, $SrCl_2$-extractie, organische stof-percentage). In totaal worden, verdeeld over de vijf te onderzoeken percelen, 25 monsters genomen van de bovenste 10 cm van de bodem. Hierbij zal de grootte van de locaties mee wegen in hoe deze monsters verdeeld worden.

Planning

Fase II start met een veldbezoek door het consortium aan monitoringsterreinen (tabel 8.1). De betreffende beheerders en de begeleidingscommissie van het OBN-onderzoek worden ook uitgenodigd voor deze bezoeken, mits dit binnen de corona-maatregelen mogelijk is. Hierbij worden de 5 percelen verdeeld over 1,5 dag bezocht om te bespreken hoe en waar de monitoring precies in het terrein plaats zal vinden en op welke plekken welke zaden zullen worden ingezaaid.

Daarna zullen zaden, verzameld in fase I van het onderzoek in de zomer van 2021 worden uitgezaaid. Enkele maanden later zal gevolgd worden hoeveel van deze zaden er daadwerkelijk gekiemd zijn. Kieming en vestiging wordt vervolgens twee maal gevolgd in het daaropvolgende jaar, en in 2023 en 2024 eenmaal.

In terrein A, waar er al eerder maaisel is aangebracht, zal in 2021 de vegetatie al vast worden gelegd met een Tansley-opname en Braun-Blanquet-opnamen. Deze zullen herhaald worden in 2023. Voor de overige 4 terreinen waarin er door de beheerders maaisel wordt aangebracht in 2021, zal deze monitoring in 2022 en 2024 plaatsvinden.

In 2022 worden alle terreinen bezocht om de bodemchemie te bepalen.

De eindrapportage van fase II zal worden opgeleverd aan het eind van 2024.

Tabel 8.1. Planning van voorgestelde monitoring voor fase II.

	2021		2022				2023				2024			
	q3	q4	q1	q2	q3	q4	q1	q2	q3	q4	q1	q2	q3	q4
veldbezoek monitoringsterreinen	■													
inzaaien zaden in terreinen				■					■				■	
monitoring ingezaaide zaden														
Tansley-opnamen perceel A	■													
Tanselyopnamen percelen B, C, D, E					■				■				■	
bepaling bodemchemie terreinen						■								
rapportage														■

Overig aanbevolen onderzoek (niet opgenomen in fase II)

Het onderzoek dat in het plan voor fase II wordt genoemd, is niet het enige dat verricht zou moeten worden om ontwikkeling van nieuwe heischrale graslanden in de toekomst te laten slagen.

Topdonorsites

Het aantal donorlocaties voor droog heischraal grasland van bijzonder goede kwaliteit, waarin ook de zeldzamere soorten nog in vitale populaties aanwezig zijn, is zeer beperkt. Bovendien laat langjarige monitoring zien dat ook het aantal vindplaatsen sterk is afgenomen (Van der Zee et al 2017). In hoeverre populatiegrootte en de vitaliteit van een deel van de zeldzame soorten nog steeds afnemen is slechts voor enkele soorten onderzocht. Het is dus de vraag of de huidige heischrale graslanden nog voldoende vitaal zijn om voldoende diasporen te kunnen produceren die bovendien ook nog voldoende genetisch divers zijn om het huidige en het nieuw te ontwikkelen heischraal grasland respectievelijk te behouden of te realiseren. Om voor de ontwikkeling, herstel en behoud van heischrale graslanden de beschikking te hebben over kwalitatief goed bronmateriaal (maaisel en/of zaden) van de gewenste heischrale soorten is het noodzakelijk dat er verspreid over Nederland een aantal topdonorsites ontwikkeld worden. Dit kan alleen op locaties die abiotisch de meest optimale omstandigheden voor zeldzame(re) heischrale soorten herbergen. Dit zijn de meest gebufferde locaties (Van der Zee et al., 2017). De topdonorsites moeten daarom ontwikkeld worden op locaties met kalkrijke leem in de ondergrond. Het ligt voor de hand om te zoeken naar locaties waar deze topdonorsites tegen bestaand natuurterrein aan ontwikkeld kunnen worden, zodat er ook uitwisseling tussen de populaties plaats kan vinden en het bestaande natuurterrein (genetisch) versterkt wordt. De terreinen voor deze topdonorsites hoeven niet noodzakelijkerwijs terreinen te zijn die in fase I als nieuw in te richten percelen in kaart zijn gebracht, maar mogen ook langer geleden heringerichte terreinen zijn. Locaties waaraan gedacht kan worden is een leemrijk perceel op de Havelterberg, een leemrijk omgevormd deel in de Borkeld, en een goed gebufferd deel in Willinks Weust. Inrichting en onderhoud van deze topdonorsites vergen wel een grote inspanning van de betreffende beheerder. Of deze locaties een opties zijn moet daarom eerst goed met de beheerders worden doorgesproken.

Op deze terreinen moet de beste kwaliteit maaisel worden opgebracht, het liefst van verschillende donorsites. Om ervoor te zorgen dat er een hoge genetische diversiteit ontstaat moeten er van zeldzame(re) en algemenere heischrale soorten specifiek voor dit doel verzamelde zaden worden ingebracht. Gedacht kan worden aan de soorten die hierboven onder punt (2) al genoemd zijn, maar ook aan soorten als Borstelgras, Tormentil en Biggenkruid. Zowel van het maaisel als de zaden moet gevolgd worden hoe de ontwikkeling is: wat is er aan zaden in het maaisel aanwezig, wat komt er eruit op en wat niet? Hoe vitaal en genetisch divers zijn de nieuwe populaties ten opzichte van de donorpopulaties? Hoeveel van de ingezaaide zaden kiemen en vestigen zich? Is het nodig om meer zaden of uit andere bronpopulaties te introduceren? Het uiteindelijke doel is tot een beter inzicht te komen over welke soorten met maaisel meekomen en welke beter als zaden kunnen worden ingebracht, en hoe we tot een praktische mix van deze twee componenten moeten komen.

Door het inrichten van deze topdonorsites wordt een grote soortenrijkdom gecreëerd waarbij rekening gehouden wordt met de genetische diversiteit, waardoor materiaal van deze sites goed te gebruiken

60241 0030

zal zijn voor nieuw her in te richten percelen. Hierdoor neemt de druk op de reeds kwetsbare, bestaande donorpopulaties ook af, zodat de zaden van de bestaande donorlocaties ook weer ten goede komen aan het donorterrein zelf.

Omdat bovenstaand project veel vergt wat betreft onderhoud, monitoring, onderzoek en bijsturing lijkt het nuttig te kijken of hier apart van fase II van dit onderzoek vorm aan gegeven kan worden.

Hoe belangrijk is een lage P-beschikbaarheid voor een gunstige ontwikkeling naar droog heischraal grasland?

Een belangrijke kennisvraag die nog beantwoord dient te worden, is in hoeverre droog heischraal grasland gerealiseerd kan worden op voormalige landbouwgronden met een te hoog gehalte aan P in de bovengrond. Hoge beschikbaarheid van fosfaat leidt meestal tot eutrofiëring, maar het lijkt erop dat onder juist stikstofarme omstandigheden soms toch droog heischraal grasland gerealiseerd kan worden (Loeb et al., 2013; mond. med. terreinbeheerders). Dit is waargenomen in meer typen schrale graslanden op voormalige landbouwgrond waar nog veel P aanwezig is. Nader onderzoek zal duidelijk moeten maken of dit herstel duurzaam kan zijn. Ook dit past niet binnen fase II van het onderzoek en ook hier zal uitgekeken moeten worden naar andere middelen.

Lange termijnontwikkeling na aanbrengen maaisel en zaad

Gedurende fase II is er alleen tijd om de nieuw te ontwikkelen heischrale populaties op korte termijn te volgen. Voor eerder OBN-onderzoek is er echter ook al onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van heischrale graslanden op voormalige landbouwgrond (Loeb et al., 2013; 2017). Hier zijn proeflocaties 10 jaar geleden ingericht met maaisel en zaden. Afhankelijk van de locatie en het gebruikte maaisel, leek deze ontwikkeling op middellange termijn voor een groot aantal soorten redelijk succesvol. Door de ontwikkeling op twee van deze locaties nogmaals in kaart te brengen, kan er geëvalueerd worden hoe de ontwikkeling na 10 jaar is. Hierbij moet met name gekeken worden naar het verdwijnen van soorten, de dominantie van gewenste en ongewenste soorten en de levensvatbaarheid van de populaties van zeldzamere soorten.

Soortensamenstelling voor herstel van droge heischrale graslanden: nu en in de toekomst

Na herstel van voormalige landbouwgrond zijn in de bodem geen kiemkrachtige zaden van soorten van heischraal grasland meer aanwezig. Geschikte diasporen moeten vaak van ver komen, waardoor spontane vestiging via natuurlijke verspreiding zeer moeizaam zal zijn (Loeb et al., 2017). Daarom zullen soorten via maaisel en zaad aangevoerd moeten worden. Hierbij moeten dus keuzes gemaakt worden in van welke soorten er diasporen er worden ingebracht. Deze keuzes kunnen gemaakt worden op grond van het beeld dat we hebben van hoe een goed ontwikkeld heischraal grasland er uit zou moeten zien:

- in heischrale graslanden komen zeldzame en algemene soorten voor, soorten die zeer karakteristiek zijn en soorten die in veel verschillende vegetatietypen voorkomen, soorten die weliswaar voornamelijk in heischrale graslanden voorkomen maar tegelijk ook slechts in een klein deel daarvan voorkomen, en soorten die vaak een hoge bedekking hebben of juist met slechts enkele individuen voorkomen. De vraag is daarom hoe de eigenschappen trouwgraad, frequentie en bedekking het best gewogen kunnen worden om een keuze te maken van in te brengen soorten. Want ga je een zeer

karakteristieke, maar oorspronkelijk tevens zeer zeldzame soort op alle te ontwikkelen terreinen inbrengen? En in hoeverre is het inbrengen van soorten gewenst die erg algemeen zijn, maar doorgaans wel in veel heischrale graslanden voorkomen? Een andere vraag is of hierbij nog rekening gehouden moet worden met de soorten waarvoor op landelijke schaal uitbreiding gewenst is. Betekent dit dat deze soort in zoveel mogelijk te ontwikkelen terreinen moet worden ingebracht?

- in fase I en eerdere OBN-projecten zijn we ervan uitgegaan dat maaisel en zaden regionaal betrokken zouden moeten worden. De onderliggende veronderstellingen hierbij waren dat het heischraal grasland in elk van de regio's zijn eigen karakter zou hebben door fysisch-geografische verschillen in onder andere geologie en klimaat. Daarnaast zou het kunnen zijn dat populaties van soorten regionaal genetisch van elkaar verschillen, waardoor suboptimaal aangepast genenmateriaal zou worden ingebracht wanneer er zaden of maaisel van buiten de regio zou worden gebruikt. In weerwil van deze veronderstellingen is het natuurlijk wel zo dat voormalige landbouwgrond -ontgrond of niet- ook in grote mate afwijkt van de oorspronkelijke sedimenten: de grond is 'kaal', karakteristieke bodembiota ontbreekt en de bodem is toch nog vaak voedselrijker dan in terreinen die niet in landbouwkundig gebruik zijn geweest. Daarbovenop komt nog de deken van verrijkende en verzurende stikstofdepositie, waardoor regionale vegetatiekundige verschillen deels worden uitgevlakt. Ook kan het zo zijn dat de regionale isolatie van populaties voor genetische verarming heeft gezorgd, waardoor populaties minder vitaal zijn en zich ook minder goed aan zouden kunnen passen aan abiotische veranderingen. Door gebruik te maken van materiaal met grotere genetische diversiteit, zou juist de kans sterk vergroot kunnen worden dat er meer soorten overblijven na natuurlijke selectie op de ontvangende locaties. Wat was de regionale samenstelling van heischrale graslanden voor circa 1950? En hoe dient deze samenstelling afgewogen te worden tegen de huidige toestand van voormalige landbouwgronden en het gebrek aan genetische diversiteit van sommige soorten binnen een regio?

- klimaatverandering zal ook van invloed worden op de vegetatiesamenstelling van heischraal grasland. Er wordt verwacht dat Nederland over circa 30-40 jaar ongeveer het klimaat zal hebben dat vroeger in Midden-Frankrijk heerste. Het wordt dus een stuk warmer, met vaker droge periodes. De vraag rijst hierbij hoe verstandig het is om de samenstelling van de aan te leggen heischrale graslanden te baseren die van voor 1950. Misschien kunnen deze klimaatrobuuster gemaakt worden door te kijken naar de samenstelling van heischrale graslanden uit de klimaatregio van Midden-Frankrijk? In hoeverre is dit vanuit het beheer gewenst?

Ook deze onderwerpen passen niet binnen fase II van dit project, maar het zou erg nuttig zijn als deze onderwerpen goed worden uitgezocht, waarna er met terreinbeheerders een discussie gevoerd kan worden over de wenselijkheid van verschillende opties.

60241 0030

9. Literatuur

Aggenbach, C., M. Berg, J. Frouz, T. Hiemstra, L. Norda, J. Roymans & R. van Diggelen, 2017. Evaluatie strategieën omgang met overmatige voedingsstoffen. Evaluatie strategieën omgang met overmatige voedingsstoffen:1-169.

Bakker, R. & E.B. Adema, 2014. Vegetatie- en plantensoortenkartering Havelte, Ruinen - Zure Venen en Vledderveld 2013. A&W-rapport 1996. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden.

Berg, A. van der & M. van Ravensberg, 2016. OT Havelte. Monitoring Natuurwaarden 2012-2016. Rapportnummer R500-16/014. Rijksvastgoedbedrijf, Team Ecologie, Wageningen.

Bobbink, R. & F. van der Zee, 2018. Actieplan tot redding van droge heischrale graslanden. Wageningen Environmental Research & B-Ware, Nijmegen.

Bobbink, R., H.L.T. Bergsma, J. den Ouden & M.L. Weijters, 2017. Bodemverzuring in droog zandlandschap: na het zuur geen zoet? *Landschap*, 34 (2): 61-69.

Bobbink, R., R. Loeb, E. Verbaarschot, M. Weijters, J. Vogels, H. Bergsma & F.van der Zee, 2020. Werkt steenmeel als herstelmaatregel tegen bodemverzuring in heischrale graslanden? Vakblad Natuur, Bos & Landschap 166: 16-19.

Bremer P., E. Jongejans, J.G.B. Oostermeijer & J.H. Willems, 2012. Planten Tellen: over demografisch onderzoek. KNNV Uitgeverij, Zeist.

Bremer, P., 2017. Heischraal grasland in Punthuizen, het Beuninger Achterveld en Stroothuizen. Provincie Overijssel.

Buro Bakker, 2016. Vegetatie-, flora- en structuurkartering Mandefjild in 2015. Buro Bakker, Assen.

Courbois, M., E.L.A.N. Simons, E.J. Slootweg, F. Baarspul & W. Koenders, 2020. Vegetatie- en plantensoortenkartering van Beekvliet en Rekken 2019. Rapportnr. RA19348-1. Bureau Regelink, Wageningen.

de Boer, K., 2015. Exploring the eco-evo Population Viability Analysis. MSc Thesis, Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica, Universiteit van Amsterdam, 25 pp.

De Graaf, M.C.C., R. Bobbink, N.A.C. Smits, R. van Diggelen & J.G.M. Roelofs, 2009. Biodiversity, Vegetation gradients and key geochemical processes in the heathland landscape. *Biological Conservation*, 142, 2191-2201.

Dijkhuis, E. & S.H. Luijten, 2014. Werken aan behoud van Kleine schorseneer in Drenthe. https://www.naturetoday.com/intl/nl/nature-reports/message/?msg=19971

Duistermaat, L., 2020. Heukels' Flora van Nederland. Noordhoff Uitgevers, Groningen/Utrecht.

Eichhorn K., 2020. Beknopt maaiseloverzicht voor heischrale graslanden in de Achterhoek en Drenthe. Eichhorn Ecologie, Wageningen.

Enßlin, A, T.M. Sandner & D. Matthies, 2011. Consequences of ex situ cultivation of plants: genetic diversity, fitness and adaptation of the monocarpic *Cynoglossum officinale* L. in botanic gardens. Biological Conservation, 144, 272-278.

Everts, F.H., M. Jongman. D.P. Pranger, M.E. Tolman & N.P.J. de Vries, 2016. Florakartering Drentsche Aa 2015. EGG consult, Groningen.

Everts, F.H., M. Jongman. D.P. Pranger, M.E. Tolman & N.P.J. de Vries, 2017. Vegetatie- en Plantensoortkartering Drentsche Aa 2015-2016. Bijlagen. EGG consult, Groningen.

Fenster, C.B. & L.F. Galloway, 2000. Inbreeding and outbreeding depression in natural populations of *Chamaecrista fasciculata* (Fabaceae). Conservation Biology, 14, 1406-1412.

Jager, H.J., 2014. Vegetatiekartering Delleboersterheide & Diakonievene 2012-2013. It Fryske Gea, Olterterp.

Jager, H.J., 2016. Vegetatiekartering van de Schaopedobbe en het Punters bossien in 2015. It Fryske Gea, Olterterp.

Keller, M., J. Kollmann & P.J. Edwards, 2000. Genetic introgression from distant provenances reduces fitness in local weed populations. Journal of Ecology, 37, 647-659.

Langbroek, M. & A. Aptroot, 2019. Vegetatie- en plantensoortenkartering De Borkeld en Entervenen 2018. Rapport nr. 2019-04. Van der Goes en Groot, Alkmaar.

Leimu, R & M. Fischer, 2008. A meta-analysis of local adaptation in plants. *PLoS ONE 3*, e4010.

Linde, B. te & L.-J. van den Berg, 2020. Flora- en vegetatiekartering Korenburgerveen 2019. Rapport nr. BL 20-02. Berglinde.

Loeb, R. & M. Weijters, 2013. Introductie van soorten via maaisel na herinrichting: ongeduld of wijsheid? De Levende Natuur, 114, 157-159.

Loeb, R. & R. Bobbink, 2017. Bodemchemisch onderzoek Manderheide. RP-17.118A.17.49. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Loeb, R., A. van der Bij, R. Bobbink, J. Frouz & R. van Diggelen, 2013. Ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden. Eindrapportage fase 1. Rapport nr. 2013/OBN176-DZ. Directie Agrokennis, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.

Loeb, R., A. van der Bij, R. Bobbink, J. Frouz, J. Vogels, P. Benetková & R. van Diggelen, 2017. Ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden: eindrapportage fase 2. Rapport nr. 2017/OBN216-DZ. VBNE, Driebergen.

Loeb, R. & E. Brouwer, 2009. Fosfaatonderzoek Ellersinghuizerveld. 2009.37. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Loeb, R., A. van der Bij, R. Bobbink, J. Frouz, J. Vogels, P. Benetková & R. van Diggelen, 2018. Hoe ontwikkel je droog heischraal grasland op voormalige landbouwgrond? *De Levende Natuur*, 119 (1), 24-29.

Luijten, S.H., J.G.B. Oostermeijer, N.C. van Leeuwen & J.C.M den Nijs (1996) Reproductive success and clonal genetic structure of the rare *Arnica montana* (Compositae) in The Netherlands. *Plant Systematics & Evolution*, 201, 15-31.

Luijten, S.H., A. Dierick, J.G.B. Oostermeijer, L.E.L. Raijmann & J.C.M. den Nijs, 2000. Population size, genetic variation and reproductive success in the rapidly declining, self-incompatible *Arnica montana* in The Netherlands. *Conservation Biology, 14 (6), 1776-1787.*

Luijten, S.H., 2001. Reproduction and genetics in fragmented plant populations. Proefschrift IBED, Universiteit van Amsterdam.

Luijten, S.H., M. Kéry, J.G.B. Oostermeijer & J.C.M. den Nijs, 2002. Demographic consequences of inbreeding and outbreeding in *Arnica montana*: a field experiment. *Journal of Ecology, 90(4), 593-603.*

Luijten, S.H. en J.G.B. Oostermeijer, 2008. Case: Laat valkruid niet vallen. *De Levende Natuur*, 109, 134-135.

Luijten, S.H., A. Vos, H. Offringa & J.G.B. Oostermeijer, 2014. Behoud van Stengelloze sleutelbloem in het Drentsche Aa-gebied. *De Levende Natuur*, 116, 119-121.

60241 0030

Luijten, S.H., M. Palzewicz, J.G.B. Oostermeijer & E. Dijkhuis, 2015. Brabantse Zwartblauwe rapunzels krijgen seks in Amsterdam. https://www.naturetoday.com/intl/nl/nature-reports/message/?msg=21908

Luijten, S.H. & J.G.B. Oostermeijer, 2016. Genetische Analyse Inteelt Akkerflora (GAIA), deelonderzoek 4 in: Herstel biodiversiteit van akkers in Noord-Brabant (2016), P.J.M. Verbeek, U. Prins, E. Brouwer, S. Luijten, G. Oostermeijer en M.C. Scherpenisse. Natuurbalans - Limes Divergens BV, Nijmegen.

Luijten, S.H., R. Loeb, J.G.B. Oostermeijer & R. Bobbink, 2017. Herstel van Rozenkransje in Drenthe: Populatieversterking en habitatkwaliteit (Stap 3). Rapport S4N2017.01, Stichting Science4Nature & Onderzoekcentrum B-WARE i.o.v. Provincie Drenthe, Amsterdam.

Luijten, S.H., L.A. Seip & J.G.B. Oostermeijer, 2018a. Genetische diversiteit en zaadzetting van Spaanse ruiter: aanknopingspunten voor herstel en herintroductie. Rapport S4N2018.01, Stichting Science4Nature, Amsterdam.

Luijten, S.H. & J.G.B. Oostermeijer, 2018b. Herstel van de Knollathyrus in Drenthe: Veiligstellen van de soort en kennisvergroting (Stap 1). Rapport S4N2018.02, Stichting Science4Nature i.o.v. Provincie Drenthe, Amsterdam.

Luijten S.H., J.E. Dijkhuis & S. van der Meer, 2018c. Herstelplan Kleine schorseneer in Drenthe. Verslag werkzaamheden 2017 en 2018. FLORON, Nijmegen. Rapport FL2017.028/01.

Luijten, S.H. & J.G.B. Oostermeijer, 2019. Overleving van Rozenkransje na herintroductie in 2016 in Drenthe: aanvullende monitoringgegevens uit 2018-2019. Rapport S4N2019.03, Stichting Science4Nature, Amsterdam.

Luijten S.H., Seip L.A, Palzewicz M. & J.G.B Oostermeijer, 2020. Herstel levensvatbaarheid ernstig bedreigde flora van heischrale graslanden. Rapportnummer S4N2020.002, Stichting Science4Nature i.o.v. Provincie Noord-Brabant, Amsterdam.

Luijten S.H. & L.A. Seip, 2021 Werkzaamheden herstel Kleine schorseneer in Drenthe - resultaten plantproef met kiemplanten (fase 2), extra zaaiproef en beheermaatregelen in 2019-2020. Rapport S4N2021.02, Stichting Science4Nature, Amsterdam.

Maunder M., K. Havens, E.O. Guerrant & D.A Falk, 2004. *Ex situ* methods: a vital but underused set of conservation resources. Pp. 3-20 in: Guerrant EO, Havens K & Maunder M (eds.) *Ex situ* plant conservation: supporting species survival in the wild. Island Press, Washington.

Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M.J. Weijters, R. Bobbink, H. Tomassen & A.J.P. Smolders, 2013. Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* 114,20-126.

Oostermeijer, J.G.B, S.H. Luijten, M.M Kwak, E.J.M. Boerrigter & J.C.M. den Nijs, 1998. Zeldzame planten in het nauw: problemen van kleine populaties. *De Levende Natuur* 99: 134-141.

Oostermeijer, J.G.B., 2000. Population viability analysis of the rare *Gentiana pneumonanthe*: importance of genetics, demography, and reproductive biology. Pp. 313-334 in: AG Young, and GM Clarke (eds.) Genetics, demography and viability of fragmented populations. Cambridge University Press, Cambridge.

Oostermeijer, J.G.B., S.H. Luijten & J.C.M. den Nijs, 2003. Integrating demographic and genetic approaches in plant conservation. *Biological Conservation*, 113, 389-398.

Oostermeijer, J.G.B., Y. Hartman, S.H. Luijten & J.C.M. den Nijs, 2013. Het vermengen van populaties: steuntje in de rug of duwtje de afgrond in? *Vakblad Natuur, Bos Landschap*, 28-31

60241 0030

Oostermeijer, J.G.B., E. Senden, M. Paauw, P.G. Meirmans & S.H. Luijten, 2014. Kleine schorseneer kwijnt weg. https://www.naturetoday.com/intl/nl/nature-reports/message/?msg=19723

Oostermeijer, J.G.B., 2015. De zaak Parnassia in Drenthe. Lezing FLORON-dag december 2015: https://www.floron.nl/Portals/1/Downloads/FLORON-dag-2015/Lezingen%20Zaal%201/Gerard%20Oostermeijer%20-%20De%20zaak%20Parnassia%20in%20Drenthe.pdf?ver=2015-12-15-150127-007

Oostermeijer, J.G.B., S.H. Luijten, M.J. Weijters & R. Bobbink, 2016. Rozenkransje en heischraal grassland in Drenthe. *De Levende Natuur*, 117, 22-27.

Pranger, D.P. & M. E. Tolman, 2020. Vegetatie- en Plantensoortenkartering Punt- en Stroothuizen in 2019. Rapportnummer 1296 EGG-P&T. EGG consult, Pranger & Tolman ecologen, Groningen.

Ronde, I. de & R. Haveman (2016). Infanterieschietkamp Harskamp. Vegetatiekartering 2012. Rapport R100-16/012. Rijksvastgoedbedrijf, Team Ecologie, Wageningen.

Simons, E., M. Courbois, P. de Vries, S. van Meijeren & M. Droog, 2017. Rapportage soorten- en vegetatiekartering Velhorst en Grote veld in 2016. Rapportnummer 20160008. Dactylis, Utrecht.

Smits, N.A.C., R. Bobbink, A.T. Kuiters, C.G.E. van Noordwijk, J.H.J. Schaminée & W.C.E.P. Verberk, 2009. Sleutelfactoren en toekomstperspectief voor herstel van het Limburgse heuvelland. De Levende Natuur, 110, 111-115.

Smits, N.A.C., C.A. Mucher, W.A. Ozinga, R.W. de Waal & G.W.W. Wamelink, 2016. Procesindicatoren PAS. Wageningen Environmental Research, rapportnr. 2771, ISSN 1566-7197, Wageningen.

Smulders, M.J.M, P.F.P. Arens, H.A.H. Jansman, J. Buiteveld, G.W.T.A. Groot Bruinderink & H.P. Koelewijn, 2006. Herintroduceren van soorten, bijplaatsen of verplaatsen: een afwegingskader. Alterra-rapport 1390 PRI-rapport 128, Wageningen.

Tonckens, J., S. de Vries & H. Jansen, 2014. Flora- en structuurkartering Holtingerveld 2013. Tonkens Ecologie, Haren.

Van Delft, B., 2018. Natuurpotentie voor enkele percelen Willinks Weust. Aanvullend ecopedologisch en bodemchemisch onderzoek PAS/Natura 2000 Willinks Weust. Rapport 2913. WEnR, Wageningen.

Van Delft, B., F. Brouwer, M. van der Werff & R. Kemmers, 2010. Natuurpotentie Willinks Weust; Resultaten van een Ecopedologisch onderzoek. Wageningen, Alterra, Alterra-Natuurpotenties Willinks Weust. doc.

van der Zee F.F., R. Bobbink, R. Loeb, M.F. Wallis de Vries, J.G.B. Oostermeijer, S.H. Luijten & de M. Graaf, 2017. Naar een actieplan heischrale graslanden; hoe behouden en herstellen we heischrale graslanden in Nederland? Wageningen Environmental Research, Rapport 2812, Wageningen.

van Groenendael J.M., 1986. Life history characteristics of two ecotypes of *Plantago lanceolata* L. Acta Botanica Neerlandica, 35, 71-86.

Van Mullekom, M., & F. Smolders, 2015) Bodemonderzoek noordwestelijke randzone Wooldse Veen. RP-2015.48. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Van Mullekom, M., H. Tomassen & F. Smolders, 2016. Bodemchemisch onderzoek (zuid)oostelijke randzone Korenburgerveen. RP-2016.40. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Van Mullekom, M., H. Tomassen & F. Smolders, 2017. Bodem- en hydrochemisch onderzoek Beekvliet. RP-16.088.17.43. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Van Noordwijk, C.G.E., M.J. Weijters, N.A.C. Smits & R. Bobbink, 2015. Herstel van hellingschraalland flora en fauna op voormalige landbouwgrond. Resultaten van 5 jaar onderzoek. Natuurhistorisch Maandblad augustus 104 (8): 137-144

Vereniging Natuurmonumenten, 2014. Richtlijn herintroductie planten, 's Graveland.

Verstijnen, Y., M. Weijters & R. Bobbink, 2018a. Potentiebepaling herstel/ontwikkeling heischrale graslanden Havelterberg en Dwingelderveld. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Verstijnen, Y., M. Weijters & R. Bobbink, 2018b. Potentiebepaling herstel/ontwikkeling heischrale graslanden Sallandse Heuvelrug en Borkeld. RP-17.172.18.12. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Weijters, M. & R. Bobbink, 2009. Fosfaatonderzoek bodem Aekingermeer. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Weijters, M. & R. Bobbink, 2010. Fosfaatonderzoek in de "Oude Willem", een (voormalige) landbouwenclave in het Drents-Friese Wold. 2010.06. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Weijters, M., E. Verbaarschot & R. Bobbink, 2019. Herstel en uitbreiding van heischrale graslanden (H6230) in Natura 2000-gebied "het Dwingelderveld". RP-19.033.19.45. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Weijters, M., I. Boers & R. Bobbink, 2019. Potenties voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden in het Holtingerveld. RP-19.106.19.93. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Weijters, M., L. Smits & R. Bobbink, 2020. Ontwikkeling en behoud van Heischrale graslanden (H6230) in Drenthe en Friesland. Bodemchemisch onderzoek. RP-20.055.20.88. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Westhoff V. (1949) Schaakspel met de natuur. Natuur en Landschap, 3, 54-62.

Westhoff V. (1994) Introductie van inheemse plantesoorten. Natuurhistorisch Maandblad, 83, 170-174.

Young A.G. & B.G. Murray, 2000. Genetic bottlenecks and dysgenic gene flow into re-established populations of the grassland daisy, *Rutidosis leptorrhynchoides*. Australian Journal of Botany, 48, 409-416.

60241 0030

Bijlage 1 Aanvullende metingen bodemchemie

Inleiding

Op basis van de inventarisatie in voorgaande hoofdstukken is gebleken dat voor een aantal terreinen nog kennishiaten aanwezig zijn. In deze terreinen werd daarom aanvullend bodemonderzoek uitgevoerd om deze kennisleemten op te vullen. De bemonsterde percelen werden aangedragen door beheerders op basis van één van de volgende criteria:

- De doelstelling is ontwikkeling van heischraal grasland;
- Men is voornemens om op korte termijn herstelmaatregelen uit te voeren;
- In recentelijk ingerichte terreinen ontwikkelt de vegetatie zich niet naar wens waarbij men bereid is om aanvullende maatregelen te nemen om de situatie te verbeteren;
- Er is onvoldoende kennis over de bodemchemische status om nu tot het nemen van maatregelen over te kunnen gaan.

In de volgende paragrafen wordt de bodemchemische status van de aangedragen percelen beschreven en een advies gegeven over de mogelijke herstelmaatregelen met als doel ontwikkeling van heischraal grasland.

Methodiek

Monstername

Op 23 april 2020 werden de terreinen van It Fryske Gea (Schoapedobbe, Mandeveld, Delleboersterheide) bemonsterd. Op 15 oktober werden de Kampina, Huis ter Heide, het Kroondomein, Assel, Stroe, Manderheide, en een deel van de percelen in Landgoed Vossenberg en het Hamveld bemonsterd. De bemonsterde terreinen zijn weergegeven in Figuur 9.2, in de beschrijvingen per terrein zijn detailkaarten opgenomen van de bemonsteringslocaties.

De bodemmonsters werden verzameld met een guts of Edelmanboor, afhankelijk van de te bemonsteren dieptes, en koel en luchtdicht bewaard tot analyse in het laboratorium van Onderzoekcentrum B-WARE.

Figuur 9.2. Overzicht van de ligging van de terreinen waarin aanvullende bodemchemische metingen hebben plaatsgevonden op een topografische kaart (PDOK).

Analyses

De volgende parameters werden bepaald aan de bodemmonsters:

- Organisch stofgehalte ("Loss of ignition")
- Bodemdichtheid
- Extractie met zout (0,2M NaCl) waarbij de pH werd bepaald en de concentratie plantbeschikbaar Ca, K, Mg en Al. Verder werd de concentratie ammonium en nitraat bepaald.
- Extractie met strontium waarbij de basenverzadiging en Cation Exchange Capacity van de bodem werd bepaald.
- Olsen-extractie als maat voor plantbeschikbaar P. Bij de Olsen-extractie werd de hoeveelheid plantenbeschikbaar-P vrijgemaakt door verdringing van P door bicarbonaat. Tevens werden ijzer- en aluminiumhydroxides gehydroliseerd waardoor geadsorbeerd P vrijkomt.

Van de terreinen bemonsterd in april 2020 werd van minstens één boorpunt per perceel ook een totaal-analyse uitgevoerd met een magnetrondestructie om de totaalconcentraties van P, Al, Fe, S, Si, Na, K, Ca, Mg, Mn, Zn te bepalen.

Bewerking van de bodemmonsters

Drooggewicht en organisch stofgehalte

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal per monster af te wegen in aluminium bakjes en gedurende minimaal 48 uur te drogen in een stoof bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal terug gewogen en het vochtverlies berekend. Dit alles werd in duplo uitgevoerd. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal per monster, na het drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550 °C. Na het uitgloeien van de monsters werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt in dit type bodems goed overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Bodemdestructie

Door bodemmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Dit werd uitgevoerd door het bodemmateriaal na het drogen op 60°C te vermalen. Van het bodemmateriaal werd per monster nauwkeurig 200 mg afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO3, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 30%) toegevoegd en de vaatjes werden geplaatst in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werden de monsters overgegoten in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml door toevoeging van milli-Q water. De destruaten werden vervolgens geanalyseerd op de ICP.

Olsenextractie

Het Olsen-extract werd uitgevoerd ter bepaling van de hoeveelheid plantbeschikbaar fosfaat. Hiervoor werd 3 gram droog bodemmateriaal met 60 ml Olsen-extract (0,5 M $NaHCO_3$ bij pH 8,4) gedurende 30 minuten uitgeschud op een schudmachine bij 105 rpm. Het extract werd vervolgens geanalyseerd op de ICP.

Zoutextractie

In de zoutextracten werd eerst pH van de bodem bepaald. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2M NaCl) gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH

werd gemeten met een HQD pH electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons en het filtraat dat gemeten werd op de ICP wordt aangezuurd en opgeslagen voor analyse. Vervolgens werd de hoeveelheid NO_3, NH_4, Al en Ca bepaald, alsmede de hoeveelheid P en kationen, gemeten in het extract op de ICP en Autoanalyser.

Strontiumextractie

Met een strontiumextractie kan de concentratie strontium-uitwisselbare ionen bepaald worden. Hiermee worden alle kationen van het adsorptiecomplex gehaald en kan de basenverzadiging gemeten worden. Hiervoor werd vers materiaal ingewogen overeenkomstig met 5 gram droog materiaal (minerale bodems) en met 200 ml strontiumchloride (0,2 mol l^{-1}), geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard en bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analysers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

Chemische analyses

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) in bodemextracten werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP; Thermo Electron Corporation, IRIS Intrepid II XDL). De concentraties nitraat (NO_3^-) en ammonium (NH_4^+) werden colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyzer III met behulp van resp. salicylaatreagens en hydrazinesulfaat. Chloride (Cl^-) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Technicon auto-analyzer III systeem met behulp van resp. mercuritiocyanide, en ammoniummolybdaat en ascorbinezuur. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Technicon Flame Photometer IV Control.

Gebieden

Mandeveld

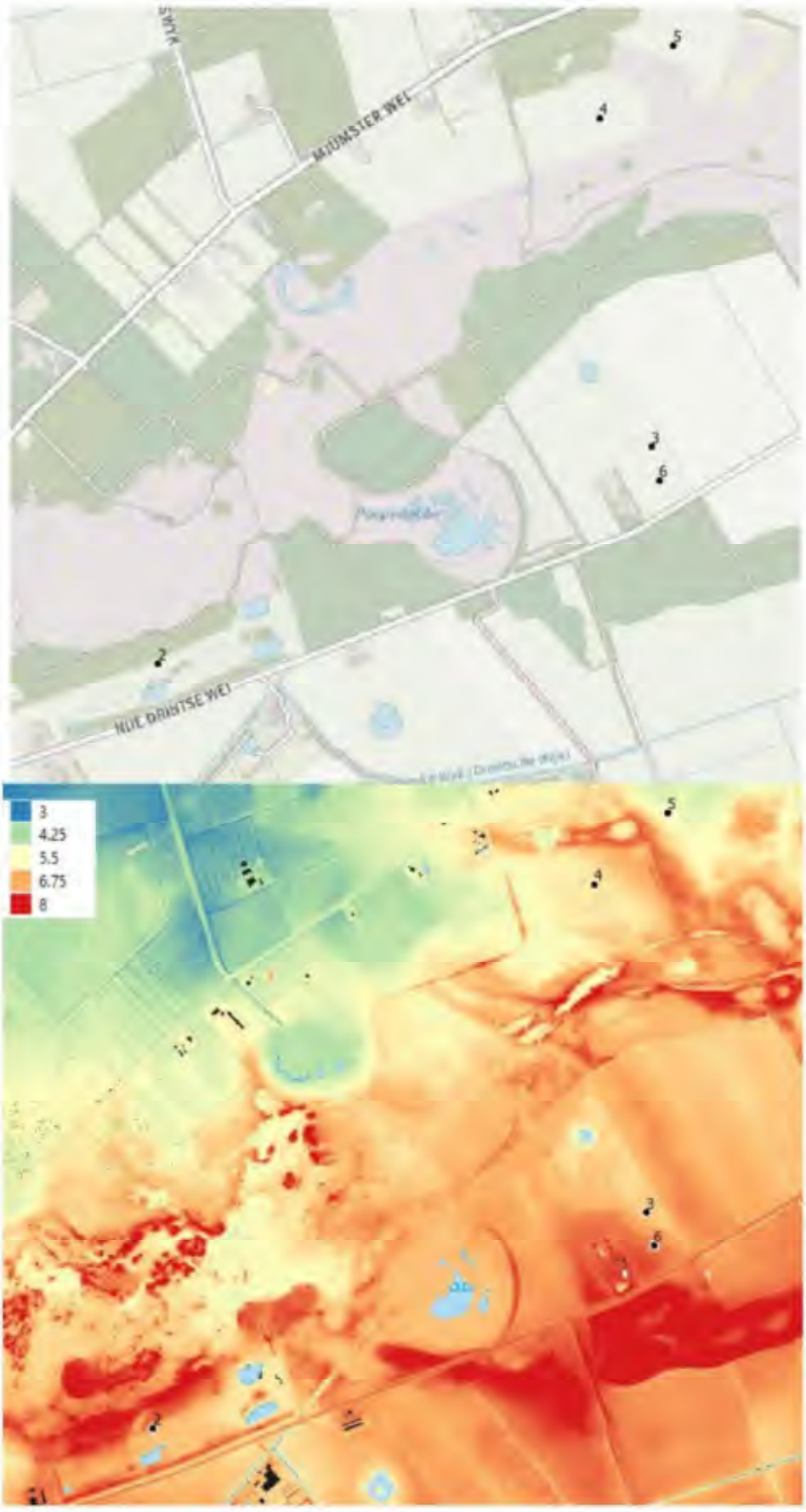
Algemene beschrijving

Het Mandeveld is gelegen op de grens tussen Friesland en Drenthe en in eigendom van It Fryske Gea (Figuur 9.3). Hier werden verschillende locaties bemonsterd, steeds op 0-10 cm diepte.

Locatie Man2, de Nije Drintse wei genoemd, is gelegen op voormalige landbouwgrond, die rond 1989/1990 is ontgrond, waarbij ca. 30 cm van de toplaag is afgegraven met een bulldozer. Op een deel van het terrein is rond 1991 heidemaaisel uit het naastgelegen heidegebied opgebracht. Tijdens de bemonstering werd Man2 begraasd door pony's, waardoor de vegetatie zeer kort was afgegeten. Toch waren er heischrale elementen zichtbaar (o.a. Muizenoor). De bodem op Man2 bestond voornamelijk uit zandgrond, maar lokaal werd een veenlaagje aangetroffen.

Ook de locaties Man 3 en 6 (Figuur 9.4) zijn gelegen op voormalige landbouwgronden, ook wel het Valkenhof of Fockenhof genoemd. Locatie Man3 is recenter ontgrond, omstreeks 2012, waarbij ca. 40 cm is afgevoerd. Tijdens de bemonstering bleek de bodem enkel uit geel zand te bestaan, zonder restanten van een bouwvoor of organische bodemlaag. De vegetatie werd gedomineerd door Reukgras (*Anthoxanthum odoratum*). Locatie Man6 is voor zover bekend niet afgegraven en tijdens de bemonstering was het in gebruik als grasland. De bodem bestond uit zeer droog fijn zand, er was geen duidelijke bodemopbouw of bouwvoor zichtbaar. Vraagstelling voor deze drie locaties is of er kansen voor heischraal graslandontwikkeling liggen.

60241 0030



Figuur 9.3. Topografische kaart van het Mandeveld en AHN-kaart (legenda in m t.o.v. NAP) met de monsterpunten (achtergronden uit PDOK).

Figuur 9.4. Links locatie Man2, ontgrond omstreeks 1990; Midden Man3, met uitzicht richting de oude heide, grazige deel is bemonsterd; Rechts locatie Man6, een niet ontgrond graslandperceel.

Man4 en Man5 (Figuur 9.5) liggen in het noorden van het Mandeveld, nabij de schaapskooi. Beide locaties zijn oude graslanden, die al heel erg lang worden begraasd door de schaapskudde. Man4 werd bemonsterd naast een peilbuis (geen codering). Tijdens de bemonstering was het al enkele weken zeer droog, de vegetatie was heel erg kort afgegraasd waardoor de schapen bijgevoerd moesten worden. De bodem bestond ook hieruit los, droog zand. Vraag voor deze locaties is of er potenties liggen voor heischraal graslandontwikkeling.

Figuur 9.5. Man5, bij de schaapskooi (links) en Man4 (rechts) met peilbuis en de schaapsherder.

Resultaten

Het organische stofpercentage van de bemonsterde locaties varieerde van 2% op Man3, rond de 6% op Man4 en 5, 7% op Man6 tot 11% op Man2 (Tabel 9.2). De Cation Exchange Capacity (CEC) liet eenzelfde patroon zien, met een relatief lage CEC op Man3 (21 meq/l bodem), en de hoogste CEC op Man2 met 54 meq/l bodem (Tabel 9.2).

Tabel 9.1. Bodemchemische gegevens van Mandeveld. Diepte=diepte bodemmonster in cm-maaiveld, MV=massavolume, OS=organische stof percentage, BV=basenverzadiging en CEC=Cation Exchange Capactity. Zoutextract: waarden gemeten in 0,2M NaCl extract, Strontium: waarden gemeten in het strontiumextract.

					Zout											Strontium	
Code	Diepte	MV	OS	Olsen-P	pH extract	NO3-	NH4+	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	Al/Ca-ratio	BV	CEC
		kg droog /liter vers	(%)	µmol/l bodem	µmol/l bodem											%	meq/l
Man 2	0-10	0,9	11,3	1092	4,3	7	39	226	6635	2	398	1306	26	0,8	0,0	85	54
Man 3	0-10	1,3	1,8	850	4,5	4	32	312	2376	1	958	762	8	1,4	0,1	52	21
Man 4	0-10	1,2	5,8	1944	3,8	320	101	1292	2879	1	151	713	100	2,1	0,4	23	41
Man 5	0-10	1,0	5,8	1832	3,9	188	103	884	3484	2	116	411	65,2	2,3	0,3	40	31
Man 6	0-10	0,9	6,8	4772	4,4	95	128	86	6849	2	393	2101	53,4	35,0	0,0	76	42

Stikstof en fosfaat

In goed ontwikkelde heischrale graslanden is de gemeten ammoniumconcentratie over het algemeen lager dan 200 µmol/l bodem. In veel Nederlandse heideterreinen is een overschot aan NH_4 een groot probleem. Op de bemonsterde locaties in het Mandeveld is dit echter niet het geval, met concentraties die overal lager waren dan 200 µmol NH_4/l bodem (Figuur 9.6). Ook de gemeten nitraatconcentraties waren voldoende laag, met uitzondering van Man 4 waar 320 µmol NO_3/l bodem werd gemeten (Tabel 9.2). Dit is echter geen zorgwekkende waarde.

Figuur 9.6. NH_4 concentraties gemeten in de 0-10 cm bodemlaag in µmol/l bodem.

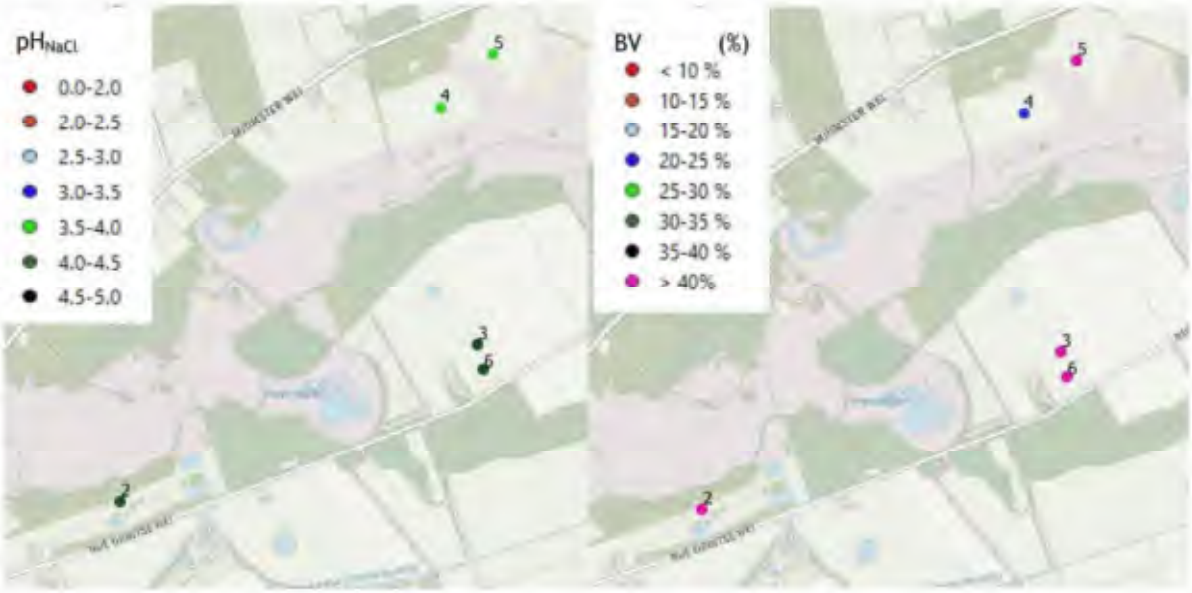
De landbouwgeschiedenis van het Valkenhof (Man 2, 3 en 6) was nog goed zichtbaar in de beschikbare fosfaatconcentraties (Olsen-P, Figuur 9.7 en Tabel 9.2). Op Man 6, het niet-ontgronde perceel, werd een Olsen-P concentratie van bijna 5000 µmol/l bodem gemeten, een echte landbouwwaarde. Op Man2, het omstreeks 1989 ontgronde perceeldeel was de Olsen-P concentratie ook aan de hoge kant met 1091 µmol/ l bodem. Voor heischrale graslanden wordt een streefconcentratie onder de 400 µmol Olsen-P/l bodem aangehouden. De Olsen-P concentratie gemeten op Man3 kwam al meer in de buurt van dat doel, met 850 µmol/l bodem, maar was nog steeds zeker niet laag. Ook de locaties bij de schaapskooi, Man4 en Man5 waren zeker niet arm aan fosfaat met concentraties van bijna 2000 µmol/l bodem. Mogelijk is hier ooit bemest.

Figuur 9.7. Olsen-P concentraties gemeten in de 0-10 cm bodemlaag in µmol/l bodem.

Bodembuffering

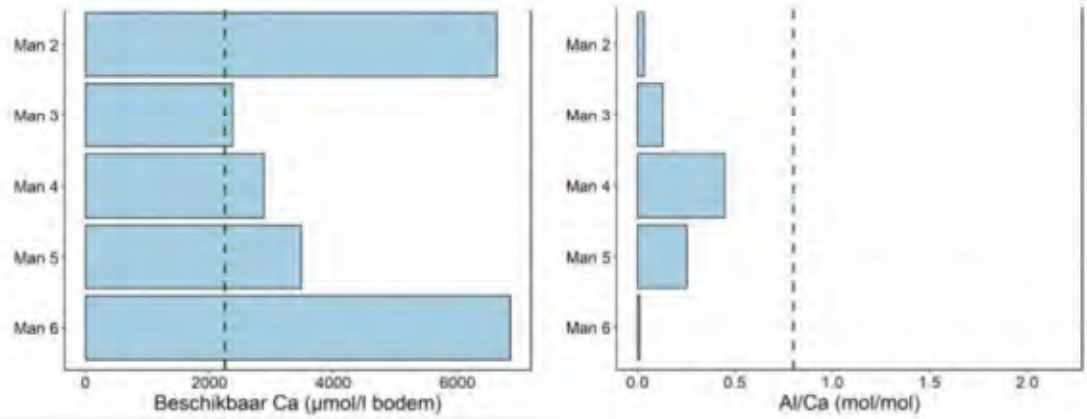
Wat pH_{NaCl} betreft waren alle locaties goed gebufferd, met een pH_{NaCl} die varieerde van 3,8 op locatie Man4 tot 4,5 op Man3 (Figuur 9.8). Deze waarden zijn allen geschikt voor heischraal grasland. De basenverzadiging was meer variabel, met een relatief laag percentage van 23% op het sterk begraasde Man4 (Figuur 9.8). Opvallend was de hoge basenverzadiging gemeten op Man2 met 85%, hier werden zeer hoge concentraties calcium aan het complex gemeten en ook relatief veel magnesium, wat de indruk geeft dat hier in het verleden is bekalkt. Ook op Man6 werd een opvallend hoge basenverzadiging gemeten van 76% en ook hier werden hoge uitwisselbare calcium en

kaliumconcentraties gemeten. Dit gedeelte is nog in gebruik als grasland, dus een kalkgift is niet onwaarschijnlijk. Ook op de andere locaties (Man3 en 5) was de basenverzadiging prima, met percentages boven de 40%.

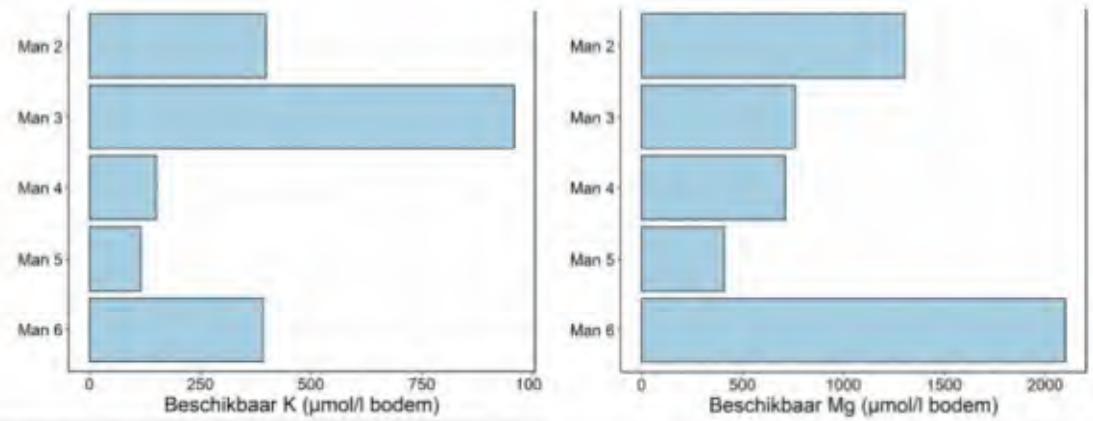


Figuur 9.8. pH_{NaCl} en Basenverzadiging gemeten in de 0-10 cm bodemlaag.

De beschikbare calcium- en magnesiumconcentraties waren op Man2 en Man6 hoog, net als de uitwisselbare concentraties, wat nogmaals het vermoeden van een kalkgift bevestigt. Op Man 4 en 5, de sterk begraasde locaties bij de schaapskooi, werden relatief lage beschikbare kaliumconcentraties gemeten. Dat is vaak het gevolg van langdurig maaien of begrazen, waarbij kalium uit het terrein wordt afgevoerd.



Figuur 9.9. Beschikbare Ca-concentratie in µmol/l bodem (links|) en de Al/Ca-ratio (rechts) gemeten in het Mandeveld. Groene lijn geeft 2250 µmol/l bodem (Ca-beschikbaarheid) en 0,8 (Al/Ca-ratio) (Tabel 9.1).



Figuur 9.10. Beschikbare K-concentratie (links) en Mg-concentratie (rechts) in µmol/l bodem gemeten in het Mandeveld.

Conclusies en aanbevelingen Mandeveld

In het Mandeveld was de bodembuffering van de bemonsterde locaties meestal in orde, en ook de NH_4-concentraties waren voldoende laag. Voor alle locaties geldt dat de beschikbare calciumconcentraties, pH_{NaCl} basenverzadiging en NH_4-concentraties voldoen aan waarden gemeten in goed ontwikkeld heischraal grasland (Tabel 9.2). Grootste knelpunt hier is de hoge plantenbeschikbare P-concentratie, die in de graslanden bij de schaapskooi rond de 1800 µmol/l bodem was, en in de ontgronde percelen Man 2 en 3 ook te hoog (850 tot 1000 µmol/l bodem). Verder verschralen wordt op al deze locaties aanbevolen.

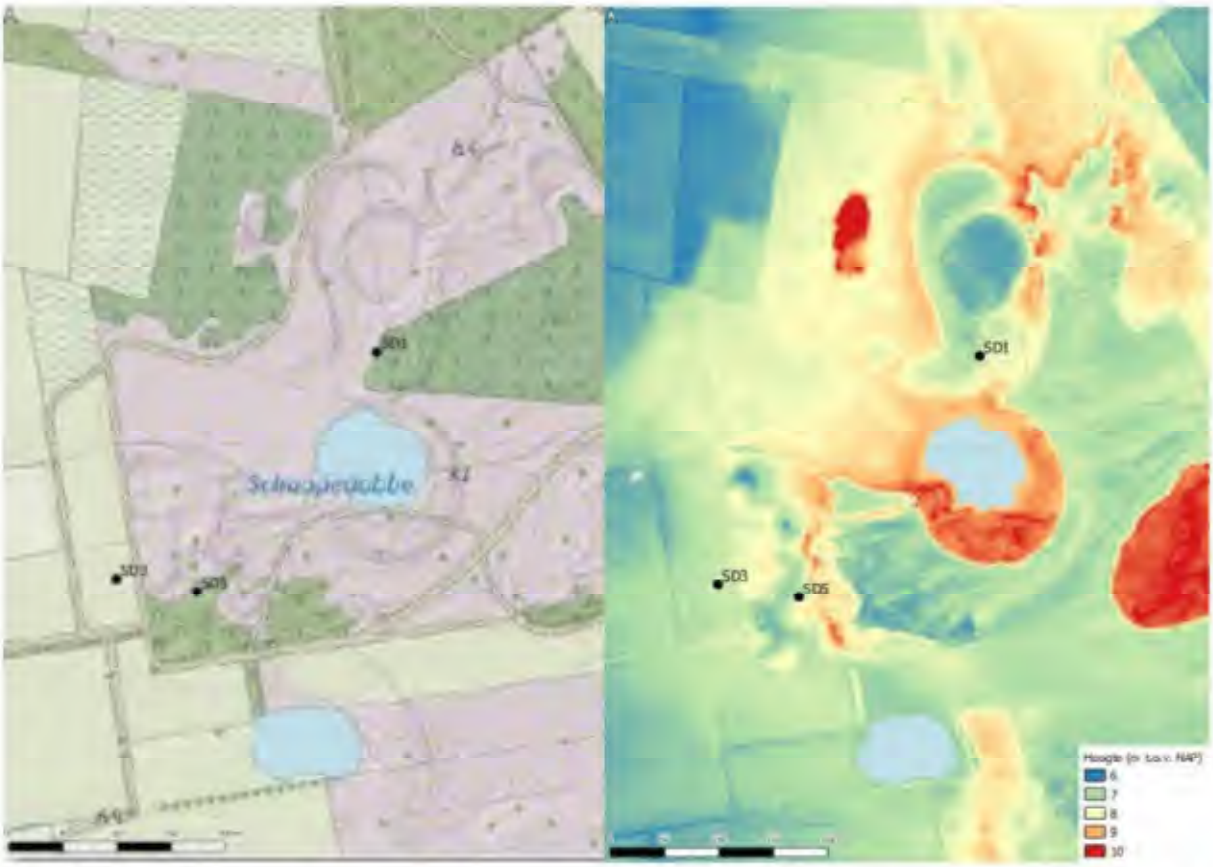
Tabel 9.2. Samenvattende tabel van de belangrijkste sturende parameters in heischraalgrasland ontwikkeling en de gemeten waarden in goed ontwikkeld heischraal grasland. Groen geeft waarden aan die binnen de range vallen gemeten in goed ontwikkeld heischraal grasland.

Code	Diepte	pHNaCl	Ca	Al/Ca ratio	NH4	OlsenP	BV	CEC
			umol/l bodem		umol/l bodem	umol/l bodem	%	meq/l bodem
Doel	H6230	>3,5	>2250	<0,8	<200	<400	>38	
Man 1	0-10	4,2	579	2,17	20	314	13	17
Man 2	0-10	4,3	6635	0,03	39	1092	85	54
Man 3	0-10	4,5	2376	0,13	32	850	52	21
Man 4	0-10	3,8	2879	0,45	101	1944	23	41
Man 5	0-10	3,9	3484	0,25	103	1832	40	31
Man 6	0-10	4,4	6849	0,01	128	4772	76	42

Schaopedobbe

Algemene beschrijving

In de Schaopedobbe werden drie locaties bemonsterd op verschillende dieptes (Figuur 9.11). SD1 was gelegen in een kapzone, waar in 2020 voornamelijk Larix werd weggehaald (Figuur 9.12). Een deel van het strooisel van de bosbodem is achtergebleven en de bodem was behoorlijk kapotgereden door de zware machines. Er werd niet bekalkt na uitvoering van de werkzaamheden. Hier werd bodem verzameld op 0-10 cm en 10-20 cm onder maaiveld. Op locatie SD5 was net als op locatie SD1 in 2020 het bos weggehaald. Op SD5 was het strooisel wel weggehaald en bestond de bodem uit kaal, mineraal zand dat op 0-10 cm donkerbruin was en op 10-20 cm geel. Ook hier waren de rijsporen duidelijk te zien en werd niet bekalkt na de werkzaamheden. Er werden bodemmonsters verzameld op 0-10 cm en 10-20 cm onder maaiveld. Als laatste werd het voormalige landbouwperceel bemonsterd (SD3). Dit perceel wordt sinds de jaren '70 van de vorige eeuw verschraald (schapenbegrazing en maaien) en is sinds die tijd grasland, ongeveer 15-20 jaar geleden is hier ca. 20 cm ontgrond en bekalkt. Hier werd de bodem verzameld op een diepte van 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm en 30-50 cm onder maaiveld. Tot een diepte van 30 cm werd een donkere bouwvoor aangetroffen met daaronder geel zand. O.a. Paardenbloem en Gewone veldbies werden aangetroffen tijdens de bemonstering (Figuur 9.13).



Figuur 9.11. Topografische kaart van de Schaopedobbe en AHN-kaart (legenda in m t.o.v. NAP) met de monsterpunten (achtergronden uit PDOK).

Resultaten

Op de voormalige boslocaties was SD1 duidelijk organischer met 9,3% organische stof in de 0-10 cm bodemlaag, veroorzaakt door het achtergebleven strooisel, vergeleken met SD 5 waar in de 0-10 cm bodemlaag nog maar 3% organische stof werd gemeten. In de bouwvoor van "landbouwperceel" SD 3 lag het organische stof percentage rond de 6,5%. De gemeten Cation Excgange Capacity (CEC) varieerde van 22 µeq/l bodem tot 48 µeq/l bodem (Tabel 9.3).

Figuur 9.12. Locatie SD1 (links) en SD2 (rechts).

Figuur 9.13. Locatie SD3, met rechts een uitgelegde boring, waarbij de boring van boven naar beneden steeds dieper gaat en een indruk van de vegetatie van dit perceel.

Tabel 9.3. Bodemchemische gegevens van de Schaopedobbe. Diepte=diepte bodemmonster in cm-maaiveld, MV=massavolume, OS=organische stof percentage, BV=basenverzadiging en CEC=Cation Exchange Capactity. Zoutextract: waarden gemeten in 0,2M NaCl extract, Destructie: Totaal gehaltes na magnetron destructie, strontium: waarden gemeten in het strontiumextract.

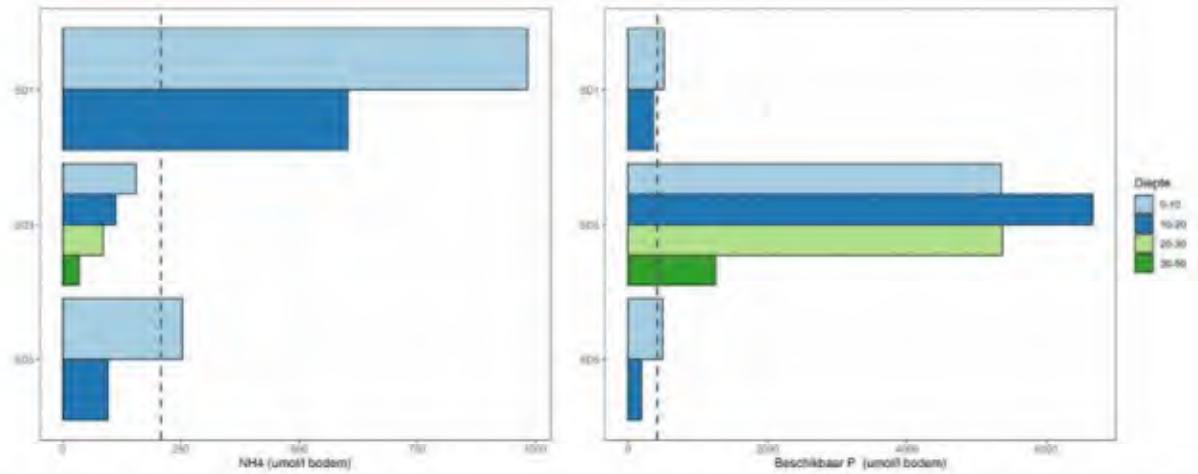
					Zout										
Code	Diepte	MV	OS	Olsen-P	pH extract	NO3-	NH4+	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	Al/Ca-ratio
		kg droog /liter vers	(%)					umol/l bodem							
SD1	0-10	0,8	9,3	517	3,3	108	983	934	2221	15	787	2312	34,8	1,7	0,4
	10-20	1,2	4,1	365	3,8	50	603	1838	548	15	474	575	7,0	0,7	3,4
SD3	0-10	1,0	6,7	5354	4,2	53	155	239	7548	1	217	1711	42,4	24,3	0,0
	10-20	1,1	5,9	6662	4,3	50	112	233	8399	1	143	1323	36,8	31,3	0,0
	20-30	1,0	7,0	5369	4,3	38	85	212	9686	1	124	785	27,6	37,8	0,0
	30-50	1,1	2,9	1254	4,1	6	35	477	5263	2	155	776	4,2	3,0	0,1
SD5	0-10	1,0	3,0	501	3,6	77	253	2057	145	9	634	211	4,2	0,9	14,1
	10-20	1,1	1,6	195	3,9	80	96	1772	80	6	523	119	2,0	0,3	22,2

		Destructie												Strontium	
Code	Diepte	Al	Ca	Cl	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Si	Zn	BV	CEC
		mmol/l bodem												%	meq/l
SD1	0-10	41,1	3,4	9,2	17,7	1,7	4,9	0,1	0,1	1,5	4,7	7,0	0,1	25,8	40,0
	10-20	77,6	2,4	13,5	29,1	2,5	8,4	0,2	0,1	1,3	2,7	11,0	0,1	5,7	28,9
SD3	0-10													60,0	41,1
	10-20													64,5	45,1
	20-30													66,8	48,8
	30-50													44,6	30,8
SD5	0-10													4,1	25,4
	10-20													7,2	22,0

Stikstof en fosfaat

In goed ontwikkelde heischrale graslanden is de gemeten ammoniumconcentratie over het algemeen lager dan 200 µmol/l bodem. Deze lage concentratie werd alleen gehaald in SD3 en op SD5 (het gekapte bos) (Figuur 9.14 en Tabel 9.3). Het nadeel van het achterlaten van strooisel na het verwijderen van bos is op SD1 duidelijk zichtbaar. Hoewel de basenverzadiging en beschikbare basische kationen met het strooisel achter blijven (positief), blijft ook het ammonium opgehoopt in het strooisel achter. Dergelijke hoge ammoniumconcentraties belemmeren de kieming en vestiging van de (heischrale) doelsoorten. Op SD1 werd in de toplaag (0-10 cm) bijna 1000 µmol ammonium/l bodem gemeten tegen 253 µmol/l bodem op SD5. De gemeten NO_3-concentraties waren op alle locaties voldoende laag.

In goed ontwikkelde heischrale graslanden werden Olsen-P concentraties, een maat voor (plant)beschikbaar P, gemeten onder de 400 µmol/l bodem. De Olsen-P concentraties gemeten op bemonsterde locaties SD1 en SD5 voldeden bijna aan deze voorwaarde. Dit was echter niet het geval voor het voormalige landbouwperceel SD3, waar in de 0-10 cm bodemlaag 7500 µmol Olsen-P werd gemeten tot bijna 10.000 µmol/l bodem onder in de bouwvoor op 20-30 cm onder maaiveld (Figuur 9.14). Ook op een diepte van 30-50 cm onder maaiveld was de Olsen-P concentratie op SD3 nog sterk verhoogd met 5000 µmol/l bodem. Ook de fosfaatconcentratie gemeten in het zoutextract waren op SD3 nog erg hoog met meer dan 24 µmol PO_4/l bodem. Op voormalige landbouwbodems die in langdurig verschralingsbeheer zijn met een hoge Olsen-P concentratie kunnen soms toch soortenrijke vegetaties ontstaan als de labiele P-concentratie (PO_4 gemeten in het zoutextract) voldoende laag is (<2 à 3 µmol/l bodem). Dat is op SD3 niet het geval.



Figuur 9.14. NH_4 en Olsen-P-concentraties gemeten in de percelen op de Schaopedobbe. De blauwe stippellijn geeft de uiterste referentiewaarde weer gemeten in goed heischraal grasland (200 µmol NH4/l bodem en 400 µmol P/l bodem) (Tabel 2.1).

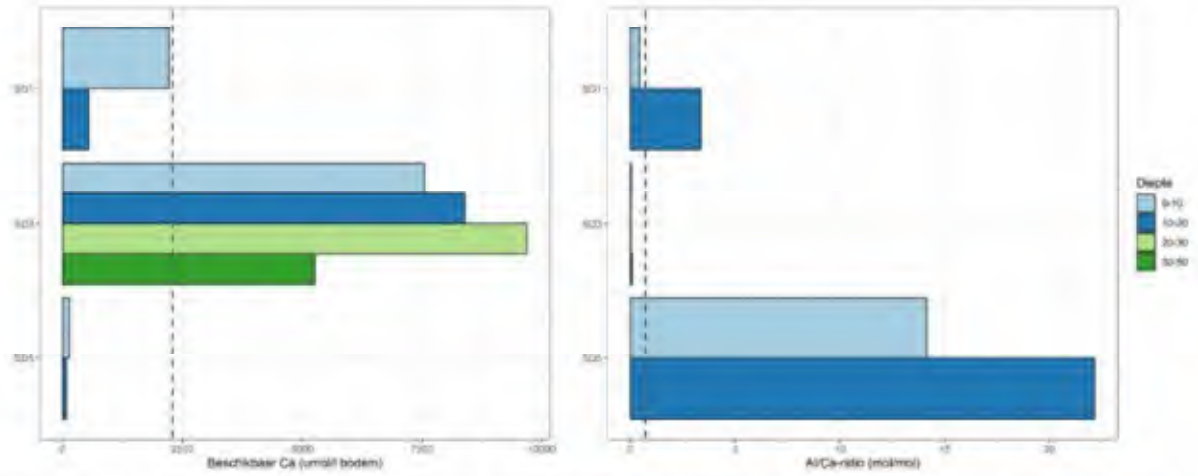
Bodembuffering

De bodem pH_{NaCl} gemeten in de 0-10 cm bodemlaag was op de locatie SD1 aan de lage kant met 3,3. In redelijk tot goed ontwikkelde heischrale graslanden werd een pH_{NaCl} van meer dan 3,8 gemeten (Tabel 9.1). Op de voormalige boslocatie SD5 werd een pH_{NaCl} van 3,6 gemeten. Alleen op de voormalige landbouwlocatie SD3 voldeed de pH gemeten in de toplaag aan de referentiewaarde gemeten in goed ontwikkelde heischrale graslanden, in de 0-10 cm bodemlaag werd op SD3 een pH_{NaCl} van 4,2 gemeten.

Op de gekapte boslocaties nam de pH_{NaCl} toe in de 10-20 cm bodemlaag, met 3,8 op SD1 en 3,9 op SD 5, op SD3 bleef de pH_{NaCl} nagenoeg stabiel in de diepte (Tabel 9.3).

In redelijk tot goed ontwikkelde heischrale graslanden in Nederland werd een basenverzadiging boven de 38% gemeten (Tabel 9.1). In de Schaopedobbe voldeed alleen locatie SD3 aan deze referentie, met een basenverzadiging rond de 60% in het gehele diepteprofiel (Tabel 9.3). Op SD 2 en 5 werd een basenverzadiging lager dan 15% gemeten, waarbij op SD 5 (gekapt bos) een basenverzadiging van slechts 4% werd gemeten. Op locatie SD1, waar het bos was gekapt maar het strooisel deels was achtergebleven was de basenverzadiging in de 0-10 cm bodemlaag met 26% redelijk, in de minerale bodemlaag daaronder was de basenverzadiging net als op SD 5 met 6% veel lager.

Naast de basenverzadiging en pH is de beschikbaarheid van basische kationen een belangrijke sturende factor in de vegetatieontwikkeling. In de Schaopedobbe was de beschikbare calciumconcentratie gemeten in de toplaag (0-10 cm) op alle locaties (net) te laag voor goed ontwikkeld heischraal grasland (Figuur 9.15). Uitzondering is SD3, waar de beschikbare calciumconcentraties in het gehele diepteprofiel boven de 5000 µmol/l bodem uitkwamen. Het verschil tussen de gekapte locaties SD1 en SD5 valt op, waarbij op SD1 nog wat beschikbaar calcium is achtergebleven met het strooisel, tegen de tot het minerale zand afgegraven SD5 waar bijna geen beschikbaar calcium meer in de bodem aanwezig was (Figuur 9.15). De gemeten Al/Ca-ratio's waren door de lage beschikbare calciumconcentraties iets aan de hoge kant voor goed ontwikkeld heischraal grasland (Figuur 9.15). Alleen op de goed gebufferde locatie SD3 was de Al/Ca-ratio voldoende laag. Op SD3 werden relatief lage beschikbare kaliumconcentraties gemeten (<200 µmol/l bodem), vaak een gevolg van jarenlang maaien en afvoeren of begrazen.



Figuur 9.15. Beschikbare Ca-concentratie in µmol/l bodem (bovenste) en de Al/Ca-ratio (onderste) gemeten in de Schaopedobbe. Blauwe lijn geeft 2250 µmol/l bodem (Ca-beschikbaarheid) en 0,8 (Al/Ca ratio) (Tabel 9.1).

Conclusies en aanbevelingen Schaopedobbe

Op de gekapte locaties SD1 en SD5 is het dilemma van het wel of niet verwijderen van strooisel duidelijk zichtbaar. Met het verwijderen van al het strooisel (zoals op SD5) werd het opgehoopte ammonium verwijderd, maar werden ook de nog aanwezige bufferstoffen afgevoerd. Voor beide locaties geldt wel dat een aanvullende kalkgift van 2 ton dolokal/ha wordt geadviseerd om de pH en calciumbeschikbaarheid te verhogen en de te verwachten ammoniumpiek tegen te gaan.

Op de voormalige akker SD3 is buffering geen knelpunt maar de hoge fosfaatbeschikbaarheid wel. Het fosfaat is tot diep in de bodem doorgedrongen, waardoor plaggen of afgraven niet direct tot een sterke verbetering zullen leiden. Voor deze locatie wordt geadviseerd verder te gaan met verschralen, eventueel door middel van uitmijnen met een grasklaver-mengsel en een aanvullende kaliumgift en/of N-gift. Door de lage N-concentraties kan mogelijk een N-gelimiteerde vegetatie ontstaan (Loeb et al., 2017). Het is echter onbekend in hoeverre een echt soortenrijke vegetatie kan ontstaan bij een dergelijk "scheve" N:P-ratio.

Tabel 9.4. Overzicht belangrijkste bodemchemische parameters en de range gemeten in goed ontwikkeld heischraal grasland. Groen=waarde voldoet aan referentie, oranje: waarde voldoet niet maar komt "in de buurt", rood: waarde voldoet niet aan doelstelling. Referentiewaarden zijn weergegeven in Tabel 9.1.

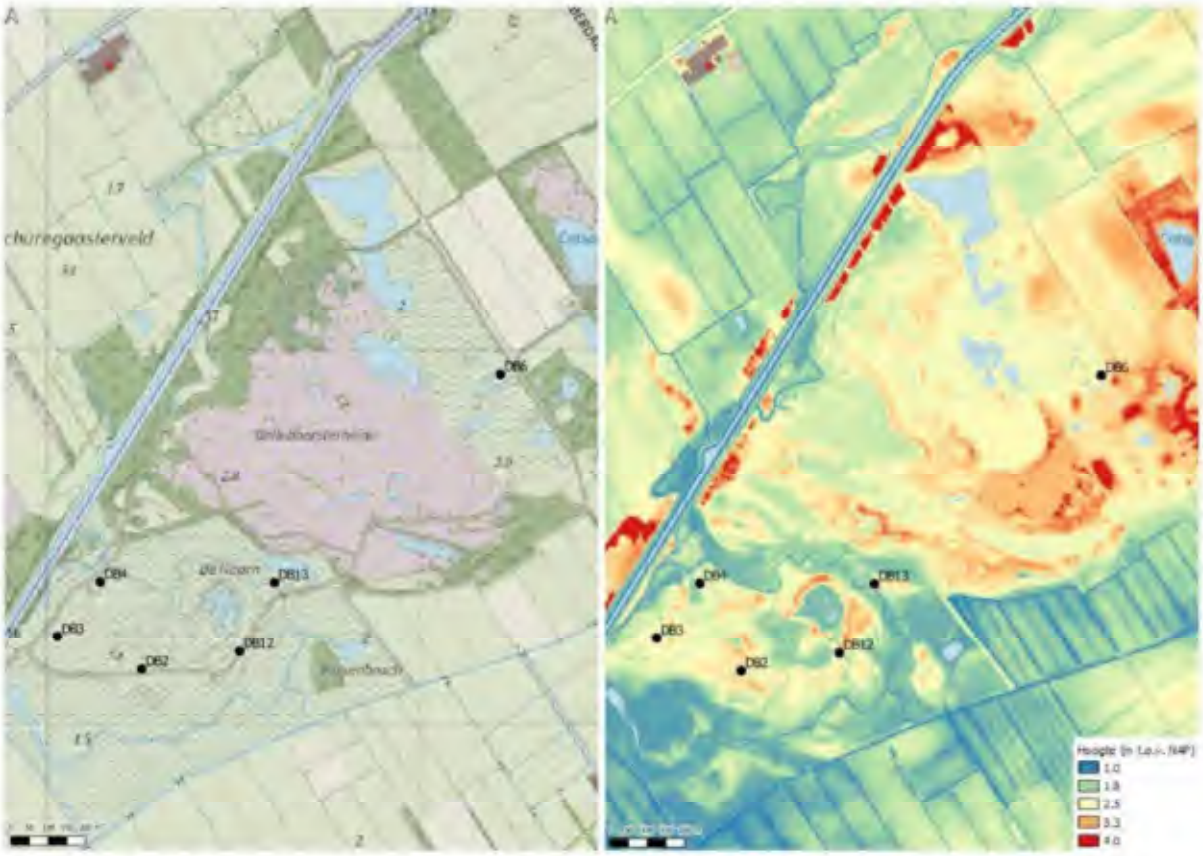
Code	Diepte	pHNaCl	Ca	Al/Ca ratio	K	Mg	NO3	NH4	OlsenP	P-vrij	Ptotaal	BV	CEC
			umol/l bodem		umol/l bodem						mmol/l bodem	%	meq/l bodem
Doel	H6230	>3,5	>2250	<0,8			<200	<200	<400	<2		>38	
SD1	0-10	3,3	2221	0,4	787	2312	108	[illegible]	517	1,7	1,5	25,8	40,0
	10-20	3,8	[illegible]	[illegible]	474	575	50	[illegible]	365	0,7	1,3	[illegible]	28,9
SD3	0-10	4,2	7548	0,0	217	1711	53	155	[illegible]	24,3		60,0	41,1
	10-20	4,3	8399	0,0	143	1323	50	112	[illegible]	31,3		64,5	45,1
	20-30	4,3	9686	0,0	124	785	38	85	[illegible]	37,8		66,8	48,8
	30-50	4,1	5263	0,1	155	776	6	35	[illegible]	3,0		44,6	30,8
SD5	0-10	3,6	[illegible]	[illegible]	634	211	77	253	501	0,9		[illegible]	25,4
	10-20	3,9	[illegible]	[illegible]	523	119	80	96	195	0,3		[illegible]	22,0

Delleboersterheide

Algemene beschrijving

Rondom de Delleboersterheide werden op zes locaties bodemmonsters verzameld van de toplaag (0-10 cm) (Figuur 9.16). In het oosten (DB6) werd een bodemmonster verzameld op voormalige landbouwgrond, die rond 1992/1993 is ontgrond (20 cm afgevoerd). Er werd geen maaisel opgebracht na uitvoering. De vegetatie bestond uit Gewone dophei en Struikhei en de bodem was zandig, ook wordt hier sinds kort Klokjesgentiaan gevonden. Momenteel wordt de locatie begraasd met paarden en schapen. Vraag van It Fryske Gea is of hier potenties voor ontwikkeling richting heischraal grasland liggen (Figuur 9.16).

Figuur 9.16. Locatie DB6 op voormalige landbouwgrond die in de jaren '90 is ontgrond.



Figuur 9.17. Topografische kaart van de Delleboersterheide en AHN-kaart (legenda in m t.o.v. NAP) met de monsterpunten (achtergronden uit PDOK).

Het zuidelijke deel bij de Delleboersterheide wordt "de Hoorn" genoemd. DB4 lag op een oud rivierduin, de vegetatie werd hier gekenmerkt door Borstelgras en Liggend walstro. De laatste jaren neemt het aandeel mossenen ook het aandeel Schapenzuring hierin toe (Figuur 9.18). De bodem bestond uit droog donkerbruin zand. DB3 bestond uit grasland, matig ontwikkeld, met Muizenoor en Biggenkruid, net als DB2, waar zuring en mossen de laatste jaren toenemen. DB11 lag op een overgang tussen een ruggetje en het lager deel van het landschap. Hier stond o.a. Hondsviooltje en Muizenoor (Figuur 9.18). DB12 werd genomen langs een pad. Hier was de bodem wat opengetrapt door vee en kwam massaal Hondsviooltje voor. De bodem bestond uit organisch zwart zand. DB13 werd verzameld bij een vochtige slenk (Figuur 9.18). In 2016/2017 kwam hier spontaan massaal Moerasviooltje op. Ook de zeldzame vlinder Zilveren maan werd hier toen waargenomen. Enkele jaren later waren deze zeldzame soorten verdwenen, mogelijk door droogte. De bodem was organisch, bijna veen-achtig.

Figuur 9.18. DB4 (links), Hondsviooltje op DB11 (midden) en DB13 (rechts).

Resultaten

Wat organisch stof percentage betreft waren er grofweg drie groepen te maken van de bemonsterde locaties in de Delleboersterheide. Ten eerste locaties met een zandig karakter en relatief lage organische stof percentages (<10%). Dit zijn de locaties DB3 en 6. In de tweede groep vallen locaties met organische stofpercentages tussen de 10 en 20%, dit zijn de locaties DB2 en 4. De derde groep bodemmonsters vormen de locaties waar het organische stofpercentage meer dan 30% was, dit waren locaties DB12 en 13.

Tabel 9.5. Bodemchemische gegevens van de Schaopedobbe. Diepte=diepte bodemmonster in cm-maaiveld, MV=massavolume, OS=organische stof percentage, BV=basenverzadiging en CEC=Cation Exchange Capactity. Zoutextract: waarden gemeten in 0,2M NaCl extract, Destructie: Totaal gehaltes na magnetron destructie, strontium: waarden gemeten in het strontiumextract.

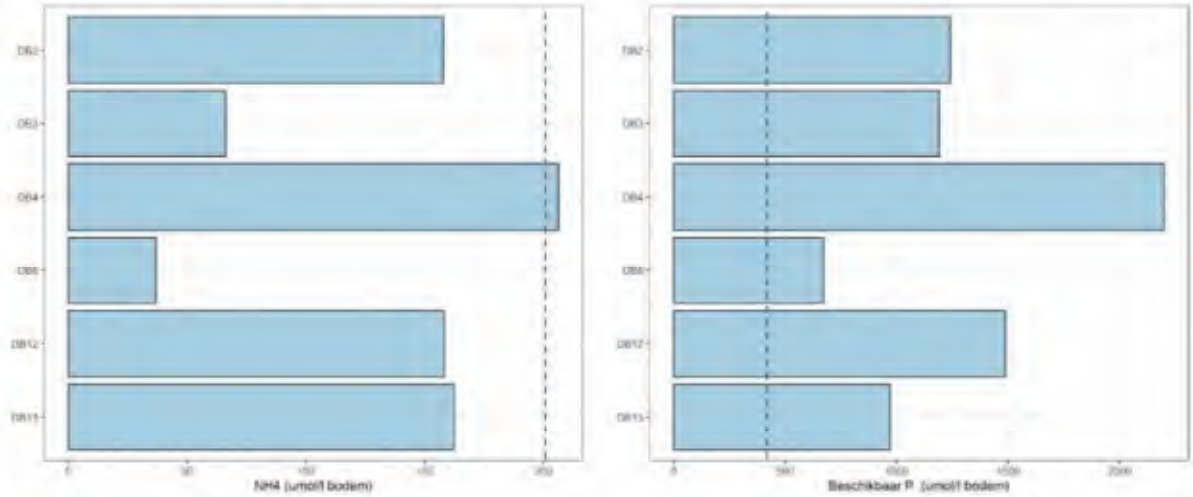
				Zout											
Code	Diepte	MV	OS	Olsen-P	pH extract	NO3-	NH4+	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	Al/Ca-ratio
		kg droog/liter vers	(%)						umol/l bodem						
DB2	0-10	0,9	11,4	1240	3,3	311	158	2476	2219	18	1055	1218	9,9	0,8	1,1
DB3	0-10	1,0	7,8	1191	3,6	26	66	1781	3073	7	457	1558	51,0	1,0	0,6
DB4	0-10	0,8	16,4	2198	3,5	485	206	2452	3031	8	777	1769	102,7	2,4	0,8
DB6	0-10	1,2	5,9	672	3,8	5	37	853	5937	4	405	1708	18,5	1,5	0,1
DB12	0-10	0,6	31,9	1487	3,8	571	158	632	11009	10	201	1567	246,8	1,0	0,1
DB13	0-10	0,4	35,3	969	3,4	250	162	2230	2424	25	88	789	50,8	2,1	0,9

		Destructie											Strontium	
Code	Diepte	Al	Ca	Cl	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Si	Zn	BV	CEC
							mmol/l bodem							%	meq/l
DB2	0-10	37,3	5,4	10,2	287,6	0,5	1,6	0,2	0,1	7,7	10,2	5,2	0,1	20,9	59,0
DB3	0-10	51,3	9,0	10,7	204,1	0,9	3,1	0,7	0,1	9,1	10,3	6,9	0,1	27,8	56,4
DB4	0-10	82,8	9,3	8,6	244,3	0,8	2,8	0,6	0,1	12,6	16,2	7,3	0,1	24,3	64,7
DB6	0-10	45,0	6,8	12,8	6,3	0,6	2,3	0,0	0,1	2,7	5,2	6,4	0,1	34,2	65,4
DB12	0-10	68,4	28,4	7,4	511,9	1,1	3,2	1,3	0,0	11,8	20,2	5,3	0,3	60,3	77,9
DB13	0-10	43,5	4,4	5,7	55,4	0,6	1,8	0,1	0,0	6,8	16,5	3,7	0,1	24,2	36,6

Stikstof en fosfaat

Te hoge ammoniumconcentraties zijn een vaak voorkomend knelpunt in de Nederlandse heischrale graslanden. In goed ontwikkelde heischrale graslanden werden ammonium- en nitraatconcentraties

onder de 200 µmol/l bodem gemeten (Tabel 2.1). Op een groot deel van de bemonsterde locaties in de Delleboersterheide waren te hoge ammoniumconcentraties geen probleem (Figuur 9.19). Toch vormt stikstof wel een knelpunt op een deel van de bemonsterde locaties, namelijk op DB2, 4, 12 en 13 werden te hoge nitraatconcentraties gemeten, variërend van 250 µmol/l bodem op DB13 tot 571 µmol/l bodem op DB12 (Tabel 9.5).



Figuur 9.19. NH_4 en Olsen-P-concentraties gemeten in de percelen in de Delleboersterheide. De blauwe stippellijn geeft de uiterste referentiewaarde weer gemeten in goed heischraal grasland (200 µmol NH4/l bodem en 400 µmol P/l bodem) (Tabel 2.1).

Naast stikstof is fosfor een belangrijk nutriënt, en sturend voor de vegetatieontwikkeling. In goed ontwikkelde heischrale graslanden in Nederland werden beschikbare fosfaatconcentraties (gemeten als Olsen-P) lager dan 400 µmol/l bodem gemeten (Tabel 2.1). De voormalige landbouwzone DB6 was iets te rijk aan voor planten beschikbaar P met 472 µmol/l bodem, maar ook dit is geen extreem hoge waarde. Op de overige locaties waren de Olsen-P concentraties echt te hoog voor goed ontwikkeld heischraal grasland, met concentraties tussen de 969 µmol/l bodem tot 2198 µmol/l bodem op DB4.

De te hoge Olsen-P concentraties en hoge nitraatbeschikbaarheid maken de bemonsterde locaties gevoelig voor verruiging, zoals de toenemende vermossing op DB4 en 2. Waarschijnlijk wordt sterke verruiging voorkomen doordat de vrij beschikbare P-fractie wel op alle locaties laag is (PO_4 gemeten in het zoutextract) met een maximale concentratie van 2,4 µmol/l bodem. Daarnaast zal er op met name locatie DB13 kaliumlimitatie optreden. De relatief hoge nitraatconcentraties zijn een risico, zodra zowel de beschikbare stikstofconcentraties te hoog worden, kan de vegetatie omslaan, ondanks de lage vrije P-concentraties. Welke mechanismen hierachter zitten, en welke soorten je in een dergelijke situatie (laag vrij P maar hoog beschikbaar-P) kunt ontwikkelen is nog onderwerp van onderzoek.

De bemonsterde locaties waren allen vrij rijk aan totaal-P, met concentraties variërend van 2,7 mmol/l bodem op DB6 tot 12,6 mmol/l bodem op DB4 (Tabel 9.5). Deze relatief hoge totaal-P concentraties maken het moeilijk om het gebied te verschralen door maaien en afvoeren of begrazing. In de Delleboersterheide werden hoge totaal ijzerconcentraties gemeten op de meeste locaties(204 tot 511 mmol/l bodem) (Tabel 9.5), uitgezonderd DB6 (6,3 mmol Fe/l bodem) en DB13 (rond de 50 mmol/l bodem) . Dat betekent dat een groot deel van het beschikbare fosfaat waarschijnlijk aan ijzer is gebonden. In situaties waar langdurig water in- en op maaiveld staat kan het aan ijzer gebonden P vrijkomen en de kan de beschikbaarheid van fosfaat voor de vegetatie, maar ook bijvoorbeeld algen

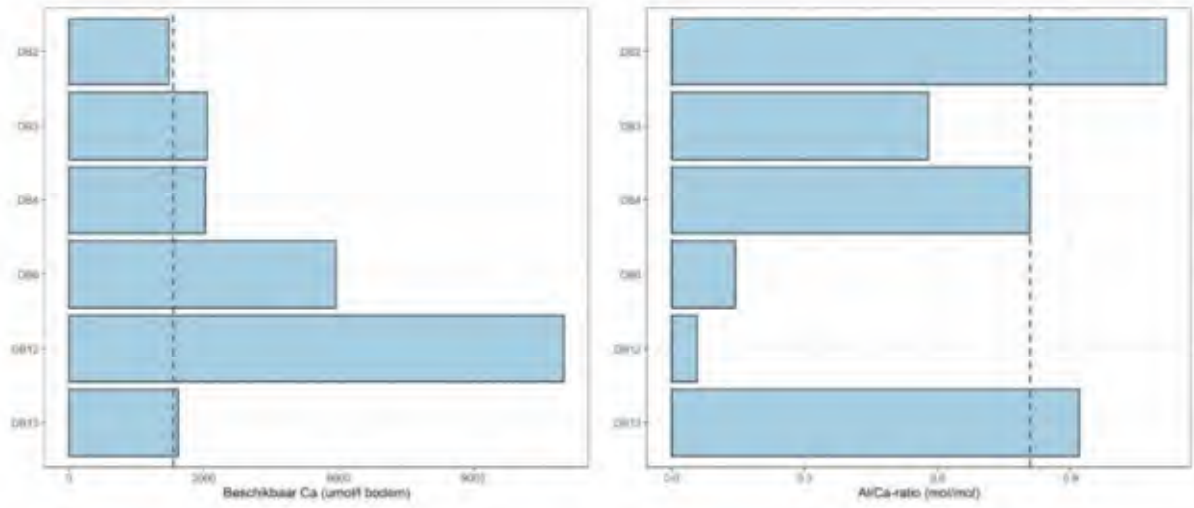
in de waterlaag, sterk toenemen. Bij vernatting is het daarom van belang deze locaties ook droog te laten vallen, zodat het vrijgekomen P weer aan ijzer kan binden.

Bodembuffering

De gemeten pH_{NaCl} lag op alle bemonsterde locaties binnen of in de buurt van de range gemeten in goed ontwikkelde heischrale graslanden (Tabel 9.5). Op DB2, 4 en 13 was de pH_{NaCl} aan de lage kant voor heischraal grasland, met waarden van 3,3 tot 3,5. De basenverzadiging gemeten in goed ontwikkelde heischrale graslanden ligt boven de 38%. Op de locaties DB2, 4 en 13 varieerde de basenverzadiging tussen de 20 en 25%, te laag voor goed ontwikkeld heischraal grasland. Ook op DB3, grasland, was de basenverzadiging met 28% te laag. Het voormalige landbouwperceel DB6 was wat beter gebufferd met een basenverzadiging van 34%, en komt daarmee in de buurt van waarden gemeten in goed ontwikkelde heischrale graslanden. Op DB12 werd een basenverzadiging gemeten tussen de 60 %. Dit zijn (zeer) goed gebufferde locaties waar wat basenverzadiging betreft ontwikkeling richting Blauwgrasland mogelijk is (mits de andere parameters en hydrologie geschikt zijn).

In goed ontwikkelde heischrale graslanden werden beschikbare calciumgehaltes gemeten boven de 2250 µmol/l bodem, en de verhouding tussen beschikbaar aluminium en calcium (Al/Ca-ratio) ligt onder de 0,8. Op DB2 en DB13 waren de beschikbare calciumconcentraties op de grens (rond de 2200 µmol/l bodem), en ook de Al/Ca-ratio's waren iets te hoog (1,1 en 0,9). De beschikbare calciumconcentratie op DB12 viel met een concentratie boven de 10.000 µmol/l bodem in de range gemeten in Blauwgraslanden, hier werd een voldoende lage Al/Ca-ratio gemeten.

Verder viel op dat de beschikbare kaliumconcentraties (Tabel 9.5) lokaal laag tot zeer laag waren; met name op DB13 was de beschikbare kaliumconcentratie met waarden onder de 100 µmol/l bodem opvallend laag. Dergelijke lage waarden kunnen het gevolg zijn van jarenlang verschralingsbeheer en worden vaker gemeten in blauwgraslanden. Op DB2 werd juist een opvallend hoge beschikbare kaliumconcentratie gemeten met 1055 µmol/l bodem. Ook de totale kaliumconcentraties waren laag, met concentraties variërend van 0,5 tot 1,1 mmol/l bodem. Gemiddeld werd er in alle bemonsterde locaties in de Delleboersterheide 0,9 mmol totaal K/l bodem gemeten, tegen 2,7 mmol magnesium/l bodem en bijna 20 mmol totaal Ca/l bodem. Dit betekent dat er zeer weinig kalium in de bovenste 10 cm van de bodem aanwezig is.



Figuur 9.20. Beschikbare-Ca concentratie in µmol/l bodem (links) en de Al/Ca-ratio (rechts) gemeten in de Delleboersterheide. Blauwe lijn geeft 2250 µmol/l bodem (Ca-beschikbaarheid) en 0,8 (Al/Ca-ratio) (Tabel 2.1).

Conclusies en aanbevelingen Delleboersterheide

Omdat de variatie in de Delleboersterheide groot is, wordt in de volgende paragraaf per locatie aangegeven wat de knelpunten zijn voor ontwikkeling richting heischraal grasland (Tabel 9.6), en of ontwikkeling richting blauwgrasland mogelijk is (indien relevant).

Voormalige landbouwzone DB6

Als eerste het ontgronde perceel DB6 in het noordoosten van het gebied. Op deze locatie waren de bodem pH (3,8), Al/Ca-ratio (0,1) en de beschikbare calciumconcentratie (bijna 6000 µmol/l bodem) binnen de range gemeten in goed ontwikkelde heischrale graslanden. Ook de ammonium- en nitraatconcentraties vormden geen belemmering met concentraties onder de 40 µmol/l bodem. Op deze locatie werden ook relatief hoge beschikbare kalium- en magnesiumconcentraties gemeten. Enige bodemchemische knelpunt voor ontwikkeling richting soortenrijk heischraal grasland was de voor planten beschikbare P-concentratie die met bijna 700 µmol/l bodem verhoogd was. Waarschijnlijk is hier een N-gelimiteerde vegetatie ontstaan. Met aanvullend verschralingsbeheer liggen hier kansen voor ontwikkeling richting heischraal grasland. mogelijk kan de fosfaatbeschikbaarheid omlaag gebracht worden door te maaien in plaats van te begrazen, of door drukbegrazing waarbij de schapen niet op de locatie overnachten. Ook kan geprobeerd worden om wat maaisel of zaad op te brengen van een goed ontwikkeld deel, nadat de zode wat is opengemaakt.

Tabel 9.6. Overzicht belangrijkste bodemchemische parameters en de range gemeten in goed ontwikkeld heischraal grasland. Groen=waarde voldoet aan referentie, oranje: waarde voldoet niet maar komt "in de buurt", rood: waarde voldoet niet aan doelstelling. Referentiewaarden zijn weergegeven in Tabel 9.1.

Code	Diepte	pHNaCl	Ca	Al/Ca-ratio	NO3	NH4	OlsenP	P-vrij	BV
			umol/l bodem			umol/l bodem			%
Doel	H6230	>3,5	>2250	<0,8	<200	<200	<400	<2	>38
DB2	0-10	3,3	2219	1,1	311	158	1240	0,8	20,9
DB3	0-10	3,6	3073	0,6	26	66	1191	1,0	27,8
DB4	0-10	3,5	3031	0,8	485	206	2198	2,4	24,3
DB6	0-10	3,8	5937	0,1	5	37	672	1,5	34,2
DB12	0-10	3,8	11009	0,1	571	158	1497	1,0	60,3
DB13	0-10	3,4	2424	0,5	250	162	969	2,1	24,2

Locaties "De Hoorn"

DB4 lag wat hoger in het landschap, wat resulteerde in een wat minder goed gebufferd milieu met een pH_{NaCl} van 3,5 en 3031 µmol beschikbaar calcium/l bodem. Ook de basenverzadiging was duidelijk lager met 24%. Wat buffering betreft ligt deze locatie aan de ondergrens van de range van waarden gemeten in goed ontwikkelde heischrale graslanden, en past beter bij goed ontwikkelde soortenrijke droge heide. Opvallend was de relatief hoge nitraatconcentratie met 485 µmol/l bodem, en ook wat ammonium betreft was DB4 zeker niet arm met 204 µmol/l bodem. Deze relatief hoge stikstofbeschikbaarheid, gecombineerd met de opvallend hoge Olsen-P concentratie van 2198 µmol/l bodem en 12,6 mmol totaal-P/l bodem doet vermoeden dat deze locatie bemest is geweest. Uit oude kaarten van de jaren'50 van de vorige eeuw staat deze zone inderdaad aangeduid als grasland. Ook de vrij beschikbare P-concentratie is met 2,4 niet laag. De geobserveerde vermossing en toename van schapenzuring zijn waarschijnlijk het gevolg van deze relatief voedselrijke omstandigheden. Voor ontwikkeling richting heischraalgrasland is een bekalking van 2 ton dolokal/ha nodig, gecombineerd met effectief aanvullend verschralingsbeheer door maaien en afvoeren.

DB2 en 3 lagen in het zuiden van de Delleboersterheide, waarbij DB2 sterk aan het vermossen was, en ook DB3 niet optimaal ontwikkeld was met dominantie van Schapenzuring, maar op DB3 kwam ook Muizenoortje en wat Biggenkruid voor. DB2 was wat minder goed gebufferd dan DB3, met een pH_{NaCl} van 3,3 tegen 3,6; beschikbare calciumconcentratie van 2219 tegen 3073 µmol/l bodem, een Al/Ca-ratio van 1,1 tegen 0,6 en een basenverzadiging van 21% tegen 28%. Met deze bufferwaarden komt DB3 in de buurt van waarden gemeten in goed ontwikkeld heischraal grasland, maar zit wel onder of onderin de range. Verder viel op dat DB2 veel rijker was aan stikstof (zowel nitraat als ammonium) dan DB3, met op DB2 311 µmol NO_3/l bodem en 158 µmol NH_4/l bodem tegen minder dan 70 µmol NO_3 en NH_4 op DB3. Dit zijn voor heide en heischraal grasland overigens geen zeer hoge waardes. Wat fosfaat betreft verschilden de beide locaties nauwelijks, met Olsen-P concentraties rond de 1200 µmol/l bodem en totaal-P concentraties van 7,7 (DB2) en 9,1 (DB3) mmol/l bodem. Dat betekent ook dat beide locaties te rijk zijn aan voor planten beschikbaar fosfaat, en ook deze totaal-P concentraties zijn aan de hoge kant. Voor ontwikkeling richting heischraal grasland kan op beide locaties de bodembuffering worden verhoogd door 2 ton dolomietenkalk/ha op te brengen en intensiever te verschralen door maaien & afvoeren.

DB12 lag langs het pad, op een organische bodem die door koeien was opengetrapt, en waar massaal Hondsviooltje voorkwam. Wat buffering betreft was deze locatie goed gebufferd, en zeker in de range voor heischraal grasland met een pH_{NaCl} van 3,8, 11.009 µmol beschikbaar Ca en 60% basenverzadiging. Knelpunten op deze locatie waren een te hoge nitraatconcentratie met 571 µmol/l bodem, en een hoge fosfaatconcentratie met 1487 µmol Olsen-P/l bodem en 12 mmol totaal-P/l bodem. Mogelijk werden de hoge nitraat- en fosfaatconcentaties net als op DB4 veroorzaakt door een landbouwkundig verleden. Voor deze locatie wordt geadviseerd aanvullend te verschralen door maaien en afvoeren.

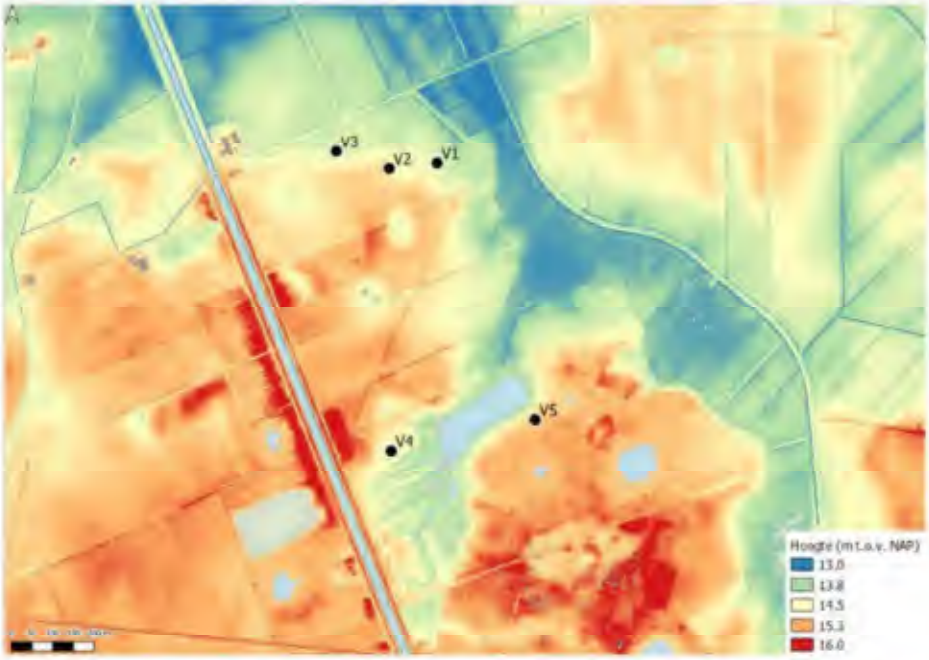
DB13 was een vochtige laagte waar in 2019 spontaan Moerasviooltje opkwam, maar waar de bijzondere soorten in 2020 weer waren verdwenen. Wat buffering betreft, zit DB13 op de grens tussen heide en heischraal grasland, met 2424 µmol beschikbaar Ca/l bodem, en een Al/Ca-ratio van 0,9. Ook de basenverzadiging was met 24% te laag voor heischraal grasland, of andere beter gebufferde vegetatietypes. De beschikbare kalium- en magnesiumconcentraties waren vergeleken met andere locaties binnen dit terrein laag met 88 µmol K/l bodem en 789 µmol Mg/l bodem. Met een Al/Ca-ratio van 0,9 is de kiemings-conditie voor veel gevoelige soorten ongunstig. Ook hier werd een iets verhoogde nitraatconcentratie gemeten met 250 µmol/l bodem, tegen 162 µmol ammonium/l bodem. De beschikbare fosfaatconcentratie was met bijna 1000 µmol Olsen-P/l bodem te hoog voor voedselarme vegetatietypen, en ook de totaal-P concentratie was met 6,8 mmol/l bodem aan de hoge kant. Met meer dan 35% organische stof is bekalken hier een risico. Mogelijk kan de bodembuffering weer worden verhoogd door de invloed van grondwater te vergroten (mits goed gebufferd). Ook voor deze locatie geldt dat, bij tekenen van verruiging, intensiever verschraald kan worden middels maaien & afvoeren.

Landgoed Vossenberg

Algemene beschrijving

In landgoed Vossenberg van Stichting Het Drentse Landschap werden ten oosten van het kanaal een agrarisch perceel en heringericht terrein bemonsterd (Figuur 9.21). In het agrarisch perceel (V1-3) werd een zandige bouwvoor van circa 30 tot 40 cm dikte op zand aangetroffen. Op locatie V3 werd op een diepte van 45-60 cm een veraarde veenlaag aangetroffen. In dit perceel werden op 3 tot 4 dieptes bodemmonsters verzameld.

In het al heringerichte terrein werd een vegetatie aangetroffen met een redelijke ontwikkeling richting heischraal grasland. De bodem op locatie V4 bestond uit circa 6 cm bruin lemig zand op ijzerrijk zand. Op locatie V5 gaf de vegetatie een eutrofe indruk en werd pas op 25 cm diepte ijzerrijk zand aangetroffen. Op beide locaties werd de bovenste 10 cm van de bodem bemonsterd.



Figuur 9.21. Topografische kaart en hoogtekaart (AHN in m t.o.v. NAP) met de monsterpunten (Bron: PDOK).

Figuur 9.22. Links indruk van monsterlocatie V1-3, rechts bodemprofiel van V1 en V3.

Resultaten

In het agrarisch perceel werd in de bouwvoor een organisch stofpercentage gemeten van 3,2 tot 8,6% met een CEC van 46 tot 97 meq/l bodem. De zandbodem onder de bouwvoor was minder organisch met percentages van 0,9 tot 6,6% en CEC van 16 tot 54 meq/l bodem. Op locatie V3 werd in de veraarde veenlaag (45-55 cm diepte) een hoog organisch stofpercentage gemeten van 29,6% en CEC van 101 meq/l bodem.

In de heringerichte percelen varieerde het organisch stofpercentage in de bovenste 10 cm van de bodem van 2,1 op locatie V4 tot 7,3 op locatie V5 met een CEC van 68 en 50 meq/l bodem.

Tabel 9.7. Bodemchemische gegevens van Landgoed Vossenberg. Diepte=diepte bodemmonster in cm-maaiveld, MV=massavolume, OS=organische stofpercentage, BV=basenverzadiging en CEC=Cation Exchange Capactity. Zoutextract: waarden gemeten in 0,2 M NaCl-extract, Strontium: waarden gemeten in het strontiumextract.

					Zout											Strontium	
Code	Diepte	MV	OS	Olsen-P	pH extract	NO3-	NH4+	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	Al/Ca-ratio	BV	CEC
		kg droog/ liter vers	(%)						umol/l bodem							%	meq/l
V1	0-20	1,3	6,0	6309	4,5	2	43	119	7517	2	1137	2410	19,0	19,5	0,02	74,2	45,8
	20-30	1,3	5,8	5348	4,6	17	37	142	8656	2	952	2544	17,8	12,6	0,02	76,4	54,5
	30-40	1,4	0,9	432	4,8	2	18	124	2880	3	823	653	9,7	0,8	0,04	71,5	16,4
V2	0-20	1,0	3,2	4792	4,5	5	40	125	9750	3	1492	2875	25,5	44,9	0,01	81,1	58,9
	20-40	1,2	6,1	6329	4,8	42	27	108	10252	3	2100	1884	10,6	12,3	0,01	82,0	65,8
	40-50	1,2	3,9	501	4,8	1	18	97	6786	2	1554	1297	3,3	0,5	0,01	76,3	33,6
V3	0-20	1,2	8,6	6142	4,9	5	38	58	14970	5	1672	3529	140,9	38,9	0,004	91,7	95,6
	20-35	1,3	8,4	6085	5,0	5	27	56	14024	5	2767	3909	72,0	42,9	0,004	93,1	97,0
	35-45	1,3	6,6	1895	5,0	37	24	88	10434	7	2035	1726	22,6	2,0	0,01	87,4	54,0
	45-55	0,7	29,6	524	4,2	34	63	151	15241	6	1325	2445	26,2	4,7	0,01	78,5	101,4
V4	0-10	1,5	2,1	436	3,8	1	26	1836	7718	10	792	2922	193,4	1,2	0,2	45,6	67,6
V5	0-10	1,1	7,3	2531	4,3	82	99	174	8272	3	197	2339	54,1	6,8	0,02	68,2	50,3

Figuur 9.23. Boven indruk van monsterlocatie V4 met bodemguts en onder indruk van monsterlocatie V5 met bodemguts.

Stikstof en fosfaat

De bodem van het agrarische perceel en het heringerichte perceel was arm aan stikstof met zeer lage concentraties NH_4 en NO_3 onder de 100 µmol/l bodem en valt daarmee binnen de range voor heischraalgrasland-ontwikkeling. In het agrarisch perceel werden hoge beschikbare fosfaatconcentraties gemeten in de bouwvoor van 4792 tot 6309 µmol/l bodem. Op locatie V1 en 2 werd in de bodem onder de bouwvoor een veel lagere Olsen-P concentratie gemeten van 432 en 501 µmol/l bodem. Op locatie V3 was de bodem op een diepte van 45-55 cm (veraarde veenlaag) armer aan fosfaat met een concentratie van 524 µmol/l Olsen-P.

In het heringerichte perceel werd een groot verschil gemeten in P-beschikbaarheid tussen de locaties. Op locatie V4 werd een Olsen-P concentratie van 436 µmol/l bodem gemeten, waarmee deze al redelijk in de range viel voor ontwikkeling van heischraal grasland (<400 µmol/l bodem). Op locatie V5 werd echter een hoge Olsen-P concentratie gemeten van 2531 µmol/l bodem.

Bodembuffering

De bodem van het agrarisch perceel was sterk gebufferd met een bodem pH_{NaCl} van 4,2 tot 5,0 en hoge basenverzadiging van 72 tot 93%. In goed ontwikkelde heischrale graslanden werd een pH_{NaCl} hoger dan 3,8 en basenverzadiging hoger dan 38% gemeten (Tabel 9.1). De hoge basenverzadiging werd ook terug gemeten in de Ca-beschikbaarheid met hoge concentraties van 2880 tot 14.970 µmol/l bodem en zeer lage Al/Ca-ratio's van 0,004 tot 0,04 mol/mol. Ook de beschikbare magnesium- en kaliumconcentraties in de bodem waren over het algemeen hoog (Tabel 9.6).

In het heringerichte perceel was de bodem minder sterk gebufferd dan in het agrarisch perceel, maar voldoende voor ontwikkeling van heischraal grasland met een pH_{NaCl} hoger dan 3,8 en basenverzadiging van 46 en 68%. Ook de Ca-beschikbaarheid was voldoende hoog met concentraties rond de 8000 µmol/l bodem en een Al/Ca-ratio lager dan 0,8. Ook in het heringerichte perceel waren de beschikbare

magnesium- en kaliumconcentraties in de bodem hoog met uitzondering van locatie V5 met een K-beschikbaarheid van 197 µmol/l bodem.

Conclusies en aanbevelingen Landgoed Vossenberg

In het agrarisch perceel was de bodem voldoende gebufferd voor ontwikkeling van heischraal grasland maar was de bouwvoor te P-rijk. Daarom wordt geadviseerd om deze af te graven (30-40 cm). Op locatie V3 was de bodem ook onder de bouwvoor nog wat te fosfaatrijk en wordt geadviseerd om dieper te ontgronden (circa 45 cm) tot aan de veraarde veenlaag.

Ook in het heringerichte perceel was de bodem voldoende gebufferd voor ontwikkeling van heischraal grasland. Op locatie V4 in het heringerichte perceel was de bodem geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland en werden geen bodemchemische knelpunten geconstateerd.

In de bodem op locatie V5 daarentegen was de P-beschikbaarheid nog veel te hoog voor ontwikkeling van heischraal grasland. Hier is op korte termijn geen ontwikkeling naar heischraal grasland mogelijk.

Tabel 9.8. Overzicht belangrijkste bodemchemische parameters en de range gemeten in goed ontwikkeld heischraal grasland. Groen=waarde voldoet aan referentie, oranje: waarde voldoet niet maar komt "in de buurt", rood: waarde voldoet niet aan doelstelling. Referentiewaarden zijn weergegeven in Tabel 9.1.

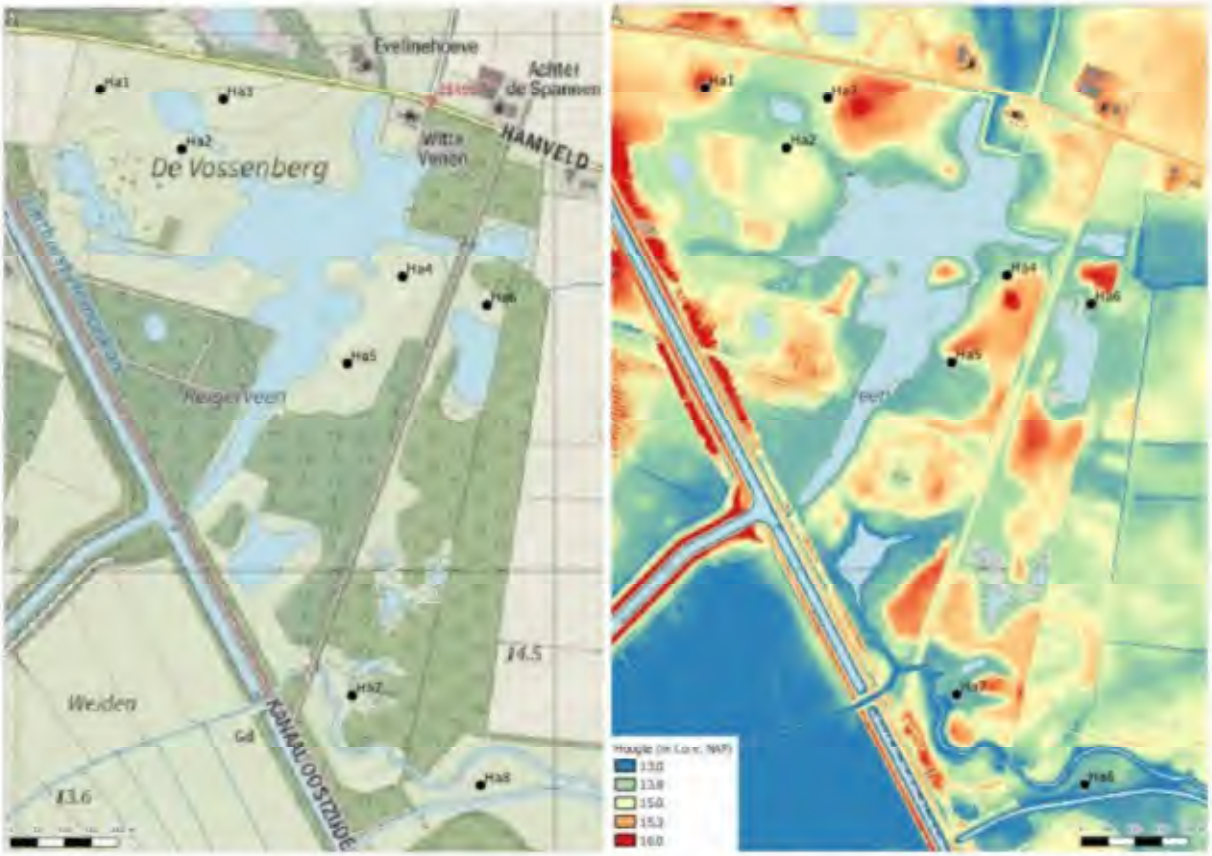
Code	Diepte	pHNaCl	Ca	Al/Ca-ratio	NO3	NH4	OlsenP	P-vrij	BV
			µmol/l bodem	mol/mol		µmol/l bodem			%
Doel	H6230	>3,5	>2250	<0,8	<200	<200	<400	<2	>38
V1	0-20	4,5	7517	0,02	2	43	6307	19,5	74,2
	20-30	4,6	8656	0,02	17	37	5348	12,6	76,4
	30-40	4,8	2880	0,04	2	18	432	0,8	71,5
V2	0-20	4,5	9750	0,01	5	40	4792	44,9	81,1
	20-40	4,8	10252	0,01	42	27	6329	12,3	82,0
	40-50	4,8	6786	0,01	1	18	501	0,5	76,3
V3	0-20	4,9	14970	0,004	5	38	6742	38,9	91,7
	20-35	5,0	14024	0,004	5	27	6085	42,9	93,1
	35-45	5,0	10434	0,01	37	24	1895	2,0	87,4
	45-55	4,2	15241	0,01	34	63	524	4,7	78,5
V4	0-10	3,8	7718	0,2	1	26	436	1,2	45,6
V5	0-10	4,3	8272	0,02	82	99	7531	6,8	68,2

Hamveld

Algemene beschrijving

Het Hamveld is gelegen ten zuiden van Landgoed Vossenberg. In het Hamveld werden acht locaties bemonsterd in heringericht terrein (Figuur 9.24). De vegetatie bestond voornamelijk uit pitrus of dominantie van gewoon struisgras, zonder heischrale ontwikkeling. Op locatie Ha6 en 7 leek de vegetatie richting heischraal grasland te ontwikkelen met soorten als struikhei, gewone dophei, brem, kruipwilg en gewoon haarmos. Locatie Ha6 was tijdens bemonstering erg nat.

De bodem bestond op alle locaties uit zand, waarbij op locatie Ha1 tot en met 5 een bouwvoor van 15 tot 25 cm dikte aanwezig was. In dit terrein werd de bovenste 10 cm van de bodem bemonsterd.



Figuur 9.24. Topografische kaart en hoogtekaart (AHN in m t.o.v. NAP) met de monsterpunten (Bron: PDOK).

Figuur 9.25. Boven indruk van monsterlocatie Ha1 met bodemguts en onder indruk van monsterlocatie Ha2 met bodemguts van locatie Ha5.

Figuur 9.26. Indruk van monsterlocatie Ha7 met bodemguts.

Resultaten

Er was veel variatie in het organisch stofpercentage in de bovenste 10 cm van de bodem tussen de verschillende locaties in de heringerichte percelen met lage percentages van 2,0 tot 3,9% op locatie Ha6-8 en wat hogere percentages van 5,6 tot 7,0% op locatie Ha2-5. Op locatie Ha1 werd het hoogste organisch stofpercentage gemeten van 9,5%. In de CEC werd minder variatie teruggemeten met 15 meq/l op locatie Ha6 tot 68 meq/l bodem op locatie Ha8.

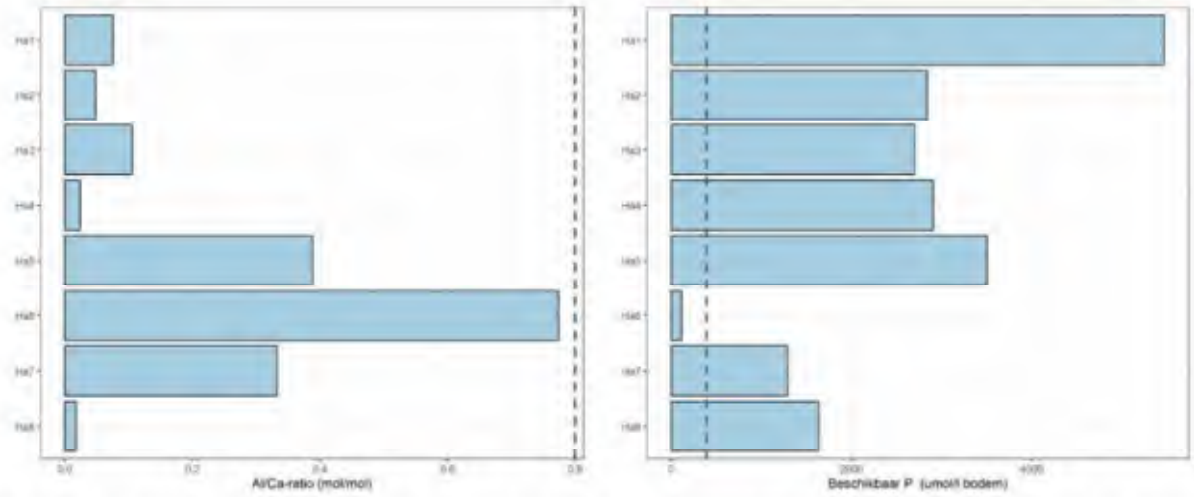
Tabel 9.9. Bodemchemische gegevens van het Hamveld. Diepte=diepte bodemmonster in cm-maaiveld, MV=massavolume, OS=organische stofpercentage, BV=basenverzadiging en CEC=Cation Exchange Capactity. Zoutextract: waarden gemeten in 0,2M NaCl-extract, Strontium: waarden gemeten in het strontiumextract.

					Zout											Strontium	
Code	Diepte	MV	OS	Olsen-P	pH extract	NO3-	NH4+	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	Al/Ca-ratio	BV	CEC
		kg droog/ liter vers	(%)						umol/l bodem							%	meq/l
Ha1	0-10	1,1	9,5	5471	4,1	647	44	603	8058	4	180	1042	124,6	13,9	0,07	57,2	56,4
Ha2	0-10	1,2	5,6	2840	4,3	15	76	303	6342	2	292	1632	36,0	4,6	0,05	60,5	45,6
Ha3	0-10	1,0	6,5	2701	4,3	15	46	487	4638	2	157	454	51,1	3,0	0,1	49,0	31,2
Ha4	0-10	1,1	6,6	2906	4,5	1	40	222	9149	3	246	982	56,9	6,3	0,02	68,6	52,1
Ha5	0-10	1,1	7,0	3504	4,1	1	36	1270	3273	4	238	363	52,6	9,4	0,4	38,7	33,3
Ha6	0-10	1,5	2,0	113	4,2	2	25	918	1186	6	504	464	19,8	0,9	0,8	42,6	15,1
Ha7	0-10	1,3	3,1	1289	4,0	2	25	1179	3539	4	971	1351	48,9	3,3	0,3	21,0	28,3
Ha8	0-10	1,2	3,9	1637	4,2	2	185	211	12611	3	1523	3399	78,2	2,3	0,02	82,0	68,1

Stikstof en fosfaat

In goed ontwikkelde heischrale graslanden werd een ammoniumconcentratie lager dan 200 µmol/l bodem gemeten. In de locaties in het Hamveld werden lage ammoniumconcentraties in de bodem gemeten van 25 tot 185 µmol/l bodem. De nitraatconcentraties in de bodem waren over het algemeen ook laag met uitzondering van locatie Ha1 met een concentratie van 647 µmol/l bodem.

De beschikbare fosfaatconcentraties in de bodem waren over het algemeen hoog tot zeer hoog voor ontwikkeling van heischraal grasland met concentraties van 1289 tot maar liefst 5471 µmol/l bodem Olsen-P. Een uitzondering was locatie Ha6 met een lage Olsen-P concentratie van 113 µmol/l bodem. In goed ontwikkelde heischrale graslanden werden beschikbare P-concentraties onder de 400 µmol/l bodem gemeten. De meeste percelen zijn dus nog veel te fosfaatrijk voor ontwikkeling van heischraal grasland.



Figuur 9.27. Al/Ca-ratio en Olsen-P-concentraties gemeten in de percelen in het Hamveld. De blauwe stippellijn geeft de uiterste referentiewaarde weer gemeten in goed heischraal grasland (Al/Ca-ratio van 0,8 mol/mol en 400 µmol P/l bodem) (Tabel 9.1).

Bodembuffering

De gemeten bodem pH_{NaCl} was op alle locaties hoger dan 3,5 en valt daarmee binnen de range voor goed ontwikkeld heischraal grasland. Ook de basenverzadiging viel op bijna alle locaties binnen de range voor goed ontwikkeld heischraal grasland met percentages van 39 tot 82%. Een uitzondering was locatie Ha7 met een wat te lage basenverzadiging van 21%. Een andere belangrijke sturende factor in de vegetatieontwikkeling is de beschikbaarheid van calcium en de verhouding tussen beschikbaar aluminium en calcium in de bodem, de Al/Ca-ratio. In het Hamveld viel de beschikbare Ca-concentratie voor locatie Ha1-5 en 7 binnen de range voor ontwikkeling van heischraal grasland met concentraties variërend van 3273 tot 9149 µmol/l bodem. Op Ha6 werd een opvallend lage Ca-concentratie gemeten van 1186 µmol/l bodem en was daarmee te laag voor ontwikkeling van heischraal grasland. Op Ha8 werd juist een opvallend hoge concentratie gemeten van 12.611 µmol/l Ca. De Al/Ca-ratio was met uitzondering van locatie Ha6 voldoende laag voor heischraal grasland. Op locatie Ha6 was de Al/Ca-ratio met 0,8 mol/mol op de grens voor goed ontwikkeld heischraal grasland.

Conclusies en aanbevelingen Hamveld

De bodem van de heringerichte percelen in het Hamveld was over het algemeen voldoende gebufferd, maar veel te fosfaatrijk voor ontwikkeling van heischraal grasland. Het merendeel van deze percelen werd al gedomineerd door pitrus. Om deze dominantie te doorbreken en de bodem te verschralen wordt geadviseerd om een intensief beheer van maaien en afvoeren uit te voeren. Op binnen 20 jaar is hier echter geen ontwikkeling naar heischraal grasland mogelijk.

Een uitzondering was locatie Ha6 met een lage P-beschikbaarheid in de bodem. Op deze locatie was de Ca-beschikbaarheid aan de lage kant voor de ontwikkeling van heischraal grasland, daarom wordt aanbevolen om te bekalken met 1,5-2 ton dolomietenkalk/ha.

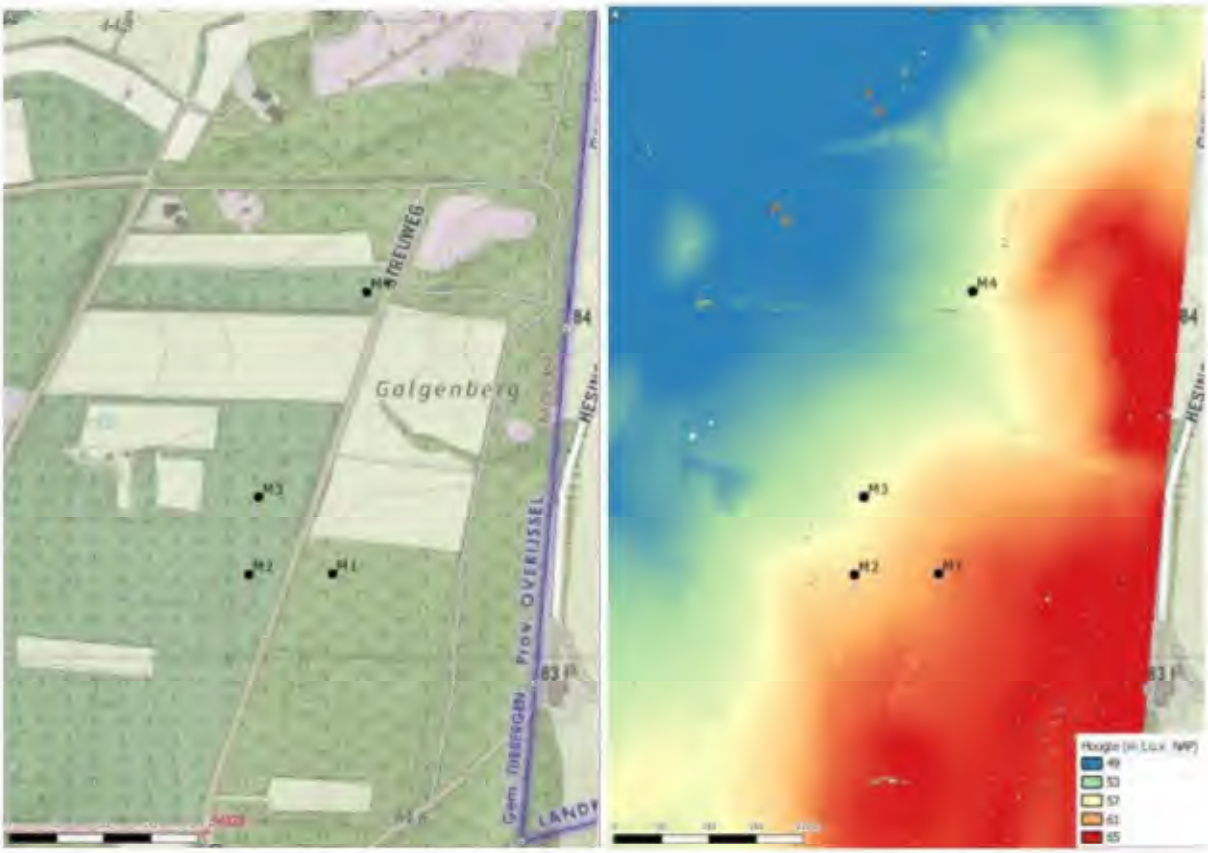
Tabel 9.10. Overzicht belangrijkste bodemchemische parameters en de range gemeten in goed ontwikkeld heischraal grasland. Groen=waarde voldoet aan referentie, oranje: waarde voldoet niet maar komt "in de buurt". rood: waarde voldoet niet aan doelstelling. Referentiewaarden zijn weergegeven in Tabel 9.1.

Code	Diepte	pHNaCl	Ca	Al/Ca-ratio	NO3	NH4	OlsenP	P-vrij	BV
			µmol/l bodem	mol/mol		µmol/l bodem			%
Doel	H6230	>3,5	>2250	<0,8	<200	<200	<400	<2	>38
Ha1	0-10	4,1	8058	0,07	647	44	5471	13,9	57,2
Ha2	0-10	4,3	6342	0,05	15	76	2840	4,6	60,5
Ha3	0-10	4,3	4638	0,1	15	46	2701	3,0	49,0
Ha4	0-10	4,5	9149	0,02	1	40	2900	6,3	68,6
Ha5	0-10	4,1	3273	0,4	1	36	3504	9,4	38,7
Ha6	0-10	4,2	1186	0,8	2	25	113	0,9	42,6
Ha7	0-10	4,0	3539	0,3	2	25	1289	3,3	21,0
Ha8	0-10	4,2	12611	0,02	2	185	1637	2,3	82,0

Manderheide

Algemene beschrijving

In de Manderheide worden bospercelen omgevormd naar heischraal grasland. Bij de omvorming wordt niet afgegraven, maar wordt wel de strooisellaag verwijderd. Er werd een strooisellaag van 3 tot 10 cm dikte aangetroffen met daaronder (licht) lemig zand. In vier bospercelen werd een mengmonster van de bovenste 10 cm van de bodem onder de strooisellaag verzameld (Figuur 9.28). De vraagstelling voor deze locaties is of er aanvullende bekalking nodig is voor ontwikkeling van heischraal grasland.



Figuur 9.28. Topografische kaart en hoogtekaart (AHN in m t.o.v. NAP) met de monsterpunten (Bron: PDOK).

Resultaten

Het organisch stofpercentage in de minerale bodem van de bospercelen varieerde van 3,5% op locatie M1 tot 7,3% op locatie M2. De CEC varieerde van 27 tot 47 meq/l bodem op locatie M1, 2 en 3 tot 78 meq/l op locatie M2.

Tabel 9.11. Bodemchemische gegevens van de Manderheide. Diepte=diepte bodemmonster in cm-maaiveld, MV=massavolume, OS=organische stofpercentage, BV=basenverzadiging en CEC=Cation Exchange Capactity. Zoutextract: waarden gemeten in 0,2M NaCl-extract, Strontium: waarden gemeten in het strontiumextract.

					Zout											Strontium	
Code	Diepte	MV	OS	Olsen-P	pH extract	NO3-	NH4+	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	Al/Ca-ratio	BV	CEC
		kg droog/ liter vers	(%)						umol/l bodem							%	meq/l
M1	0-10	1,3	3,5	1377	2,8	26	61	1080	356	39	582	234	16,0	28,0	3,0	9,0	36,9
M2	0-10	1,0	7,3	405	2,9	1	28	5795	562	42	1733	1331	15,4	1,5	10,3	11,3	78,3
M3	0-10	1,1	5,7	558	2,9	74	82	1845	1109	31	537	565	129,3	2,6	1,7	10,9	46,7
M4	0-10	1,0	7,2	259	2,8	1	41	1247	502	55	638	424	6,4	1,7	2,5	13,4	26,8

Stikstof en fosfaat

De minerale bodem van de bospercelen was arm aan stikstof met zeer lage concentraties NH_4 en NO_3 tot onder de 100 µmol/l bodem. De beschikbare fosfaatconcentraties varieerde sterk tussen de bospercelen van voldoende laag op locatie M2 en 4 (405 en 259 µmol/l Olsen-P), naar licht verhoogd op locatie M3 (558 µmol/l Olsen-P) tot sterk verhoogd op locatie M1 met 1377 µmol/l bodem. Voor de P-vrije concentratie was hetzelfde patroon zichtbaar met concentraties van 1,5 tot 28,0 µmol/l bodem.

Figuur 9.29. Links indruk van monsterlocatie M1, rechts bodemguts van M1, 2, 3 en 4.

Bodembuffering

De voormalige bosbodem was weinig gebufferd met een lage bodem pH_{NaCl} van 2,8-2,9 en lage basenverzadiging van slechts 9 tot 13%. In goed ontwikkelde heischrale graslanden wordt een pH_{NaCl} hoger dan 3,5 en basenverzadiging hoger dan 38% gemeten. Ook de beschikbare calciumconcentratie en Al/Ca-ratio lagen (ver) buiten de ranges gemeten in goed ontwikkelde heischrale graslanden met Ca-concentraties van 356-1109 µmol/l en Al/Ca-ratio van 1,7 tot maar liefst 10,3 mol/mol op locatie M2. De beschikbare magnesium- en kaliumconcentraties in de bodem waren niet zeer laag met concentraties van 234-1331 µmol Mg/l en 537-1733 µmol K/l bodem.

Conclusies en aanbevelingen Manderheide

In alle vier de bospercelen was de minerale bodem onvoldoende gebufferd voor de ontwikkeling van heischraal grasland. Na verwijderen van de strooisellaag wordt geadviseerd om met een kalkgift van 1,5-2 ton kalk/ha de bodembuffering te verhogen.

De bodems waren arm aan stikstof, maar de P-beschikbaarheid was met name op locatie M1 veel te hoog voor ontwikkeling van heischraal grasland. Daarom wordt voor deze locatie en locatie M3 aanbevolen om met maaien en afvoeren te verschralen of door middel van aanvullend bodemonderzoek eventueel dieper af te graven.

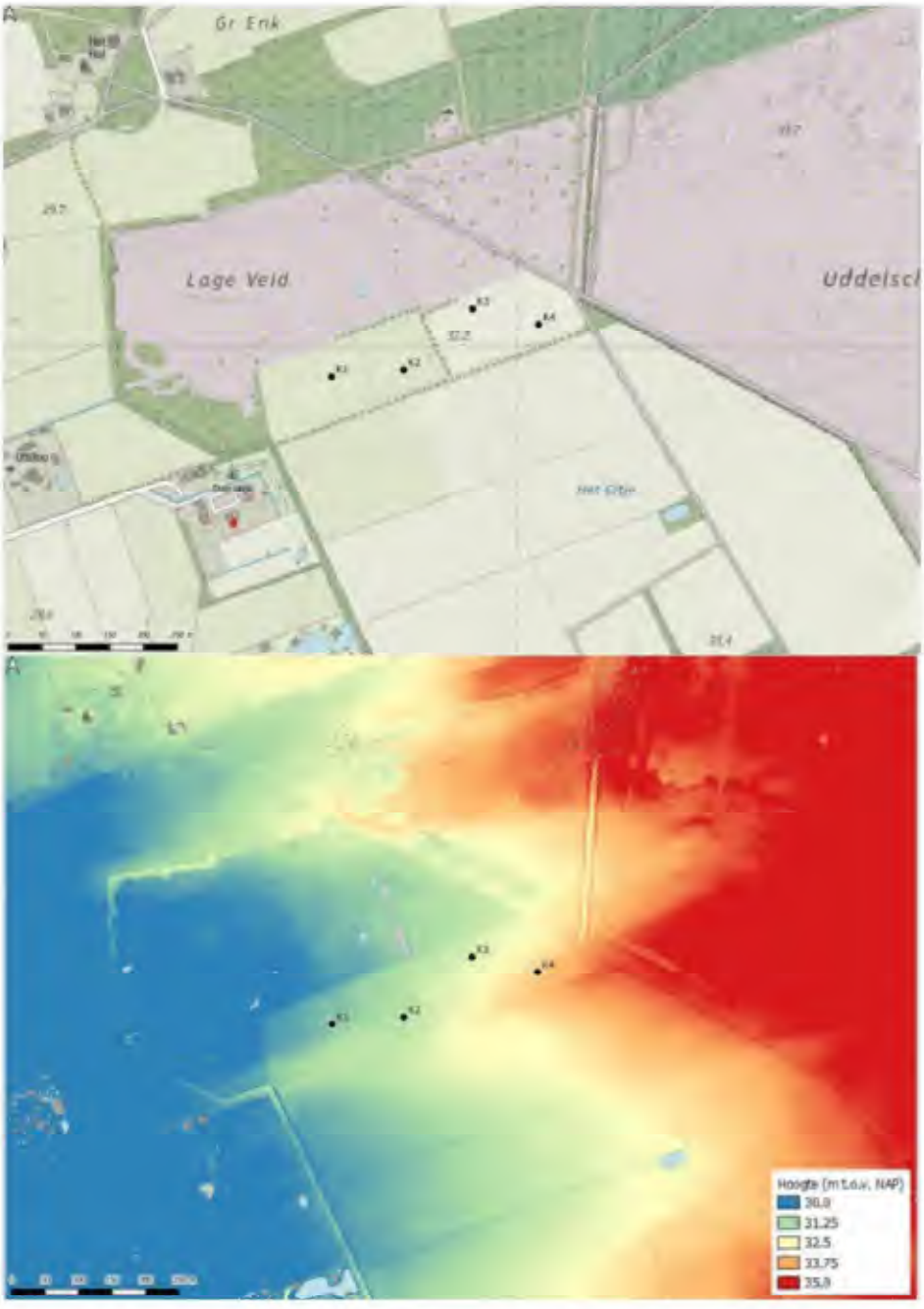
Tabel 9.12. Overzicht belangrijkste bodemchemische parameters en de range gemeten in goed ontwikkeld heischraal grasland. Groen=waarde voldoet aan referentie, oranje: waarde voldoet niet maar komt "in de buurt", rood: waarde voldoet niet aan doelstelling. Referentiewaarden zijn weergegeven in Tabel 9.1.

Code	Diepte	pHNaCl	Ca	Al/Ca-ratio	NO3	NH4	OlsenP	P-vrij	BV
			µmol/l bodem	mol/mol		µmol/l bodem			%
Doel	H6230	>3,5	>2250	<0,8	<200	<200	<400	<2	>38
M1	0-10	2,8	356	3,0	26	61	1377	28,0	9,0
M2	0-10	2,9	562	10,3	1	28	405	1,5	11,3
M3	0-10	2,9	1109	1,7	74	82	558	2,6	10,9
M4	0-10	2,8	502	2,5	1	41	259	1,7	13,4

Kroondomein Het Loo

Algemene beschrijving

In kroondomein Het Loo werd een voormalige akker bemonsterd die gelegen is ten zuiden van een perceel dat door ontgronden hersteld is en een mooie ontwikkeling richting heischraal grasland kent (Figuur 9.30 en 9.31). De voormalige akker werd op vier locaties bemonsterd tot een diepte van 40 cm onder maaiveld. Op alle locaties werd een bouwvoor van 30 cm dikte aangetroffen met daaronder over het algemeen leemhoudend ijzerrijk grof tot fijn zand. Lokaal (locatie 3) werden ook kiezels aangetroffen in de diepere bodemlaag (>30 cm-mv). Vraagstelling voor deze locaties is of er potenties liggen voor ontwikkeling van heischraal grasland.



Figuur 9.30. Topografische kaart en hoogtekaart (AHN in m t.o.v. NAP) met de monsterpunten (Bron: PDOK).

Figuur 9.31. Links overzicht van de akker met rechtsachter het al herstelde noordelijk gelegen perceel en rechts een foto van een uitgelegde boring van locatie 2.

Resultaten

In de bouwvoor van de voormalige akker varieerde het organisch stof percentage van 4 tot 6,2% met een Cation Exchange Capacity (CEC) van 23 tot 56 meq/l bodem (Tabel 9.13). De bodem onder de bouwvoor was veel minder organisch met percentages van 1,6-2,8% en een lagere CEC van 12 tot 20 meq/l bodem.

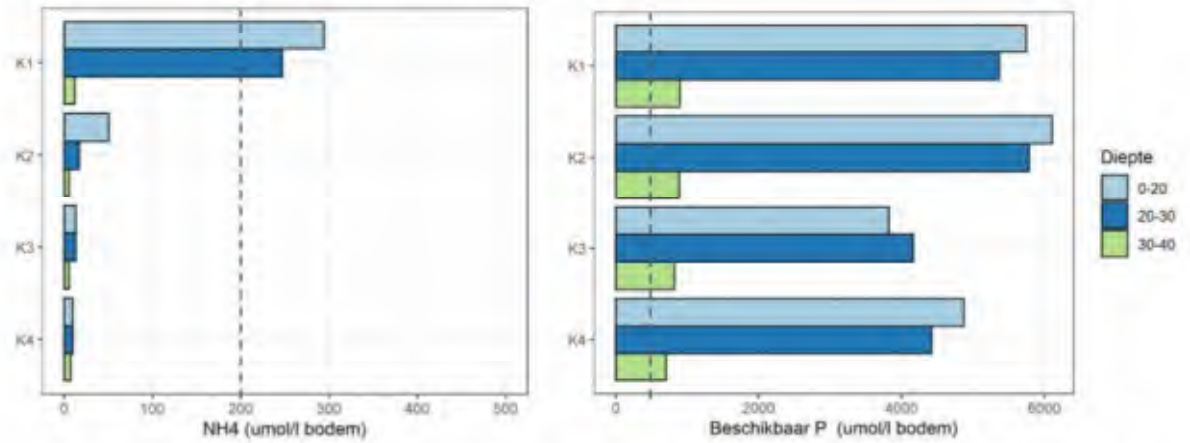
Tabel 9.13. Bodemchemische gegevens van het Kroondomein. Diepte=diepte bodemmonster in cm-maaiveld, MV=massavolume, OS=organische stofpercentage, BV=basenverzadiging en CEC=Cation Exchange Capactity. Zoutextract: waarden gemeten in 0,2M NaCl-extract, Strontium: waarden gemeten in het strontiumextract.

					Zout											Strontium	
Code	Diepte	MV	OS	Olsen-P	pH extract	NO3-	NH4+	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	Al/Ca-ratio	BV	CEC
		kg droog/ liter vers	(%)						umol/l bodem							%	meq/l
K1	0-20	1,1	4,0	5745	4,7	1307	294	82	6483	3	1707	1247	26,7	42,0	0,01	76,6	34,9
	20-30	1,1	4,0	5370	4,6	801	247	106	6889	2	199	382	19,2	18,4	0,02	75,2	31,1
	30-40	1,3	1,6	898	4,9	400	12	82	4074	3	222	271	9,7	2,3	0,02	76,0	17,3
K2	0-20	1,0	6,2	6107	4,8	667	50	41	8647	2	1341	3776	12,0	30,4	0,005	90,0	55,6
	20-30	1,0	5,6	5783	4,7	256	17	66	8387	2	310	1832	10,4	16,9	0,01	83,9	47,7
	30-40	1,1	2,8	887	4,7	25	6	148	3675	2	217	571	9,6	1,0	0,04	65,7	19,5
K3	0-20	0,9	5,7	3823	4,2	18	13	690	1831	3	1031	340	30,0	4,1	0,38	35,2	23,3
	20-30	1,1	5,1	4164	4,2	98	13	738	1931	3	1085	280	27,5	3,8	0,38	34,1	22,8
	30-40	1,2	1,7	823	4,4	20	6	481	595	3	614	88	12,4	1,1	0,81	31,1	12,4
K4	0-20	1,0	6,1	4875	4,0	153	10	805	2340	4	1556	514	36,5	7,9	0,34	38,0	31,3
	20-30	1,0	5,3	4422	3,9	716	10	883	2592	4	1293	321	43,1	6,3	0,34	36,3	31,4
	30-40	1,2	2,3	707	4,3	649	7	562	1054	2	952	138	20,0	1,3	0,53	40,7	13,8

Stikstof en fosfaat

In goed ontwikkelde heischrale graslanden is de gemeten ammoniumconcentratie over het algemeen lager dan 200 µmol/l bodem. Op de bemonsterde locaties was de ammoniumconcentratie ook lager dan 200 µmol/l bodem, met uitzondering van de wat hogere NH_4-concentraties op locatie K1 (247-294 µmol/l bodem). De gemeten NO_3-concentraties waren met uitzondering van locatie K3 hoog, met concentraties van 153 tot maar liefst 1307 µmol/l bodem in de bovenste 10 cm op locatie K1.

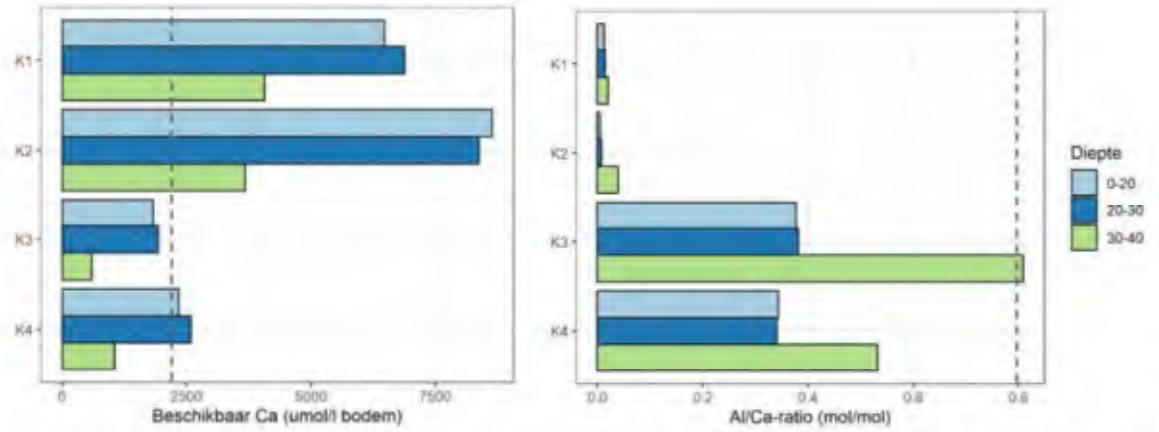
In goed ontwikkelde heischrale graslanden werden Olsen-P concentraties, een maat voor (plant)beschikbaar P, gemeten onder de 400 µmol/l bodem. Op alle locaties was de bouwvoor (0-30 cm) te fosfaatrijk voor ontwikkeling van heischraal grasland met concentraties van 3823 tot 5745 µmol/l Olsen-P. De bodem onder de bouwvoor (30-40 cm) was veel minder P-rijk met concentraties van 707-898 µmol/l bodem en met aanvullende verschraling kansrijk voor ontwikkeling richting heischraal grasland.



Figuur 9.32. NH_4 en Olsen-P-concentraties gemeten in de percelen in het Kroondomein. De blauwe stippellijn geeft de uiterste referentiewaarde weer gemeten in goed heischraal grasland (200 µmol NH4/l bodem en 400 µmol P/l bodem) (Tabel 9.1).

Bodembuffering

De bodem pH_{NaCl} voldeed aan de referentiewaarden gemeten in goed ontwikkelde heischrale graslanden met waardes van 3,9 tot 4,9 pH-eenheden. In redelijk tot goed ontwikkelde heischrale graslanden in Nederland werd een basenverzadiging boven de 38% gemeten (Tabel 2.1). De bodem op locatie K1 en K2 voldeden aan deze referentie, met een basenverzadiging van 66-90% in het gehele diepteprofiel (Tabel 9.13). Op locaties K3 en K4 werd een veel lagere basenverzadiging gemeten in het gehele diepteprofiel (31 tot 41%), maar was deze over het algemeen redelijk tot goed. Naast de basenverzadiging en pH is de beschikbaarheid van basische kationen een belangrijke sturende factor in de vegetatieontwikkeling. Op locatie K1 en K2 was de beschikbare Ca-concentratie in het gehele diepteprofiel hoog met concentraties van 3675 tot 8647 µmol/l bodem. Op locatie K3 was de beschikbare Ca-concentratie met name in de diepere bodemlaag (30-40 cm) veel te laag met 595 µmol/l bodem ten opzichte van 1831-1931 µmol/l in de bouwvoor (0-30 cm). Ook op locatie K4 werd een te lage Ca-beschikbaarheid gemeten in de diepere bodemlaag van 1054 µmol/l bodem tegen een voldoende hoge Ca-beschikbaarheid in de bouwvoor van 2340-2592 µmol/l bodem. De gemeten Al/Ca-ratio's in de bodem waren over op alle locaties voldoende laag voor ontwikkeling van heischraal grasland. De K-beschikbaarheid was door het landbouwkundig gebruik opvallend hoog in de bovenste 20 cm van de bodem (>1000 µmol/l), ten opzichte van de relatief lage K-beschikbaarheid in de diepere bodemlagen (199-952 µmol/l bodem).



Figuur 9.33. Beschikbare Ca-concentratie in µmol/l bodem (bovenste) en de Al/Ca-ratio (onderste) gemeten in het Kroondomein. Blauwe lijn geeft 2250 µmol/l bodem (Ca-beschikbaarheid) en 0,8 (Al/Ca ratio) (Tabel 9.1).

Conclusies en aanbevelingen Kroondomein

Op de bemonsterde locaties in het Kroondomein is met name de te hoge fosfaatrijkdom in de toplaag van de bodem een knelpunt voor de ontwikkeling van soortenrijk heischraal grasland. Voor deze locaties wordt geadviseerd om minimaal de voedselrijke bouwvoor af te graven en met aanvullend verschralingsbeheer van maaien en afvoeren een heischraal grasland te ontwikkelen. Op locatie K1 en 2 was de diepe bodemlaag voldoende gebufferd voor de ontwikkeling van heischraal grasland. Op locatie K3 en 4 wordt vanwege te lage Ca-beschikbaarheid in de bodem na ontgronden geadviseerd om te bekalken met 1,5-2 ton dolokal per ha.

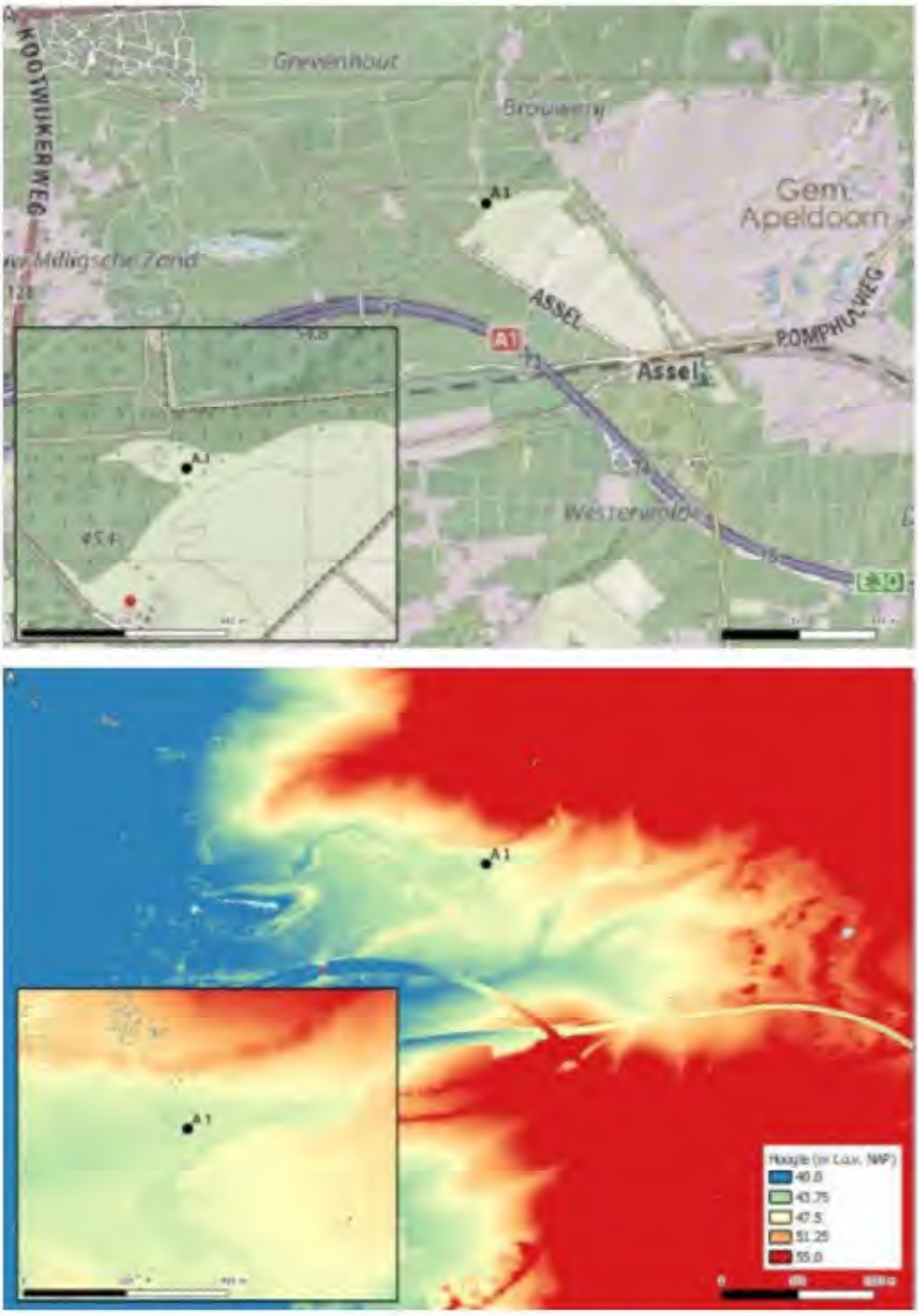
Tabel 9.14. Overzicht belangrijkste bodemchemische parameters en de range gemeten in goed ontwikkeld heischraal grasland. Groen=waarde voldoet aan referentie, oranje: waarde voldoet niet maar komt "in de buurt", rood: waarde voldoet niet aan doelstelling. Referentiewaarden zijn weergegeven in Tabel 3.1.

Code	Diepte	pHNaCl	Ca	Al/Ca-ratio	NO3	NH4	OlsenP	P-vrij	BV
			µmol/l bodem	mol/mol		µmol/l bodem			%
Doel	H6230	>3,5	>2250	<0,8	<200	<200	<400	<2	>38
K1	0-20	4,7	6483	0,01	1307	294	5745	42,0	76,6
	20-30	4,6	6889	0,02	801	247	5370	18,4	75,2
	30-40	4,9	4074	0,02	400	12	898	2,3	76,0
K2	0-20	4,8	8647	0,00	667	50	6107	30,4	90,0
	20-30	4,7	8387	0,01	256	17	5783	10,9	83,9
	30-40	4,7	3675	0,04	25	6	887	1,0	65,7
K3	0-20	4,2	1831	0,4	18	13	3823	4,1	35,2
	20-30	4,2	1031	0,4	98	13	4164	3,8	34,1
	30-40	4,4	595	0,8	20	6	823	1,1	31,1
K4	0-20	4,0	2340	0,3	153	10	4875	7,0	38,0
	20-30	3,9	2592	0,3	716	10	4422	6,3	36,3
	30-40	4,3	1054	0,5	649	7	707	1,3	40,7

Assel

Algemene beschrijving

In Assel werd een heischraal grasland bemonsterd dat eerder hersteld is. De vegetatie bestond uit soorten als Stekelbrem en Gewoon struisgras (*Agrostis capillaris*). De bodem bestond uit 15 cm fijn lemig zand op een inspoelingslaagje van 5 cm op grijs zand. Vraagstelling voor deze locatie (A1) is of er potenties liggen voor ontwikkeling richting soortenrijk heischraal grasland.



Figuur 9.34. Topografische kaart en hoogtekaart (AHN in m t.o.v. NAP) met de monsterpunten (Bron: PDOK).

Figuur 9.35. Links overzicht van het herstelde perceel met voornamelijk gewoon struisgras en op de voorgrond stekelbrem, rechts een foto van de bodemguts.

Resultaten

Het organisch stofpercentage in de bovenste 10 cm van het herstelde heischraal grasland was redelijk laag met 3,4% en een CEC van 24 meq/l bodem.

Tabel 9.15. Bodemchemische gegevens van Assel. Diepte=diepte bodemmonster in cm-maaiveld, MV=massavolume, OS=organische stofpercentage, BV=basenverzadiging en CEC=Cation Exchange Capactity. Zoutextract: waarden gemeten in 0,2M NaCl-extract, Strontium: waarden gemeten in het strontiumextract.

					Zout											Strontium	
Code	Diepte	MV	OS	Olsen-P	pH extract	NO3-	NH4+	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	Al/Ca-ratio	BV	CEC
		kg droog/ liter vers	(%)						umol/l bodem							%	meq/l
A1	0-10	1,1	3,4	1230	3,4	57	19	1504	919	9	196	180	10,1	11,2	1,6	18,5	23,9

Stikstof en fosfaat

De stikstofconcentraties in de bodem (0-10 cm) waren zeer laag en vielen daarmee binnen de ranges voor goed ontwikkelde heischrale graslanden (<200 µmol/l bodem). De fosfaatconcentratie daarentegen was aan de hoge kant voor ontwikkeling van soortenrijk heischraal grasland met een Olsen-P concentratie van 1230 µmol/l bodem en P-vrije concentratie van 11 µmol/l bodem. Voor heischrale graslanden wordt een streefconcentratie onder de 400 µmol Olsen-P/l bodem en P-vrij concentratie onder de 2 µmol/l bodem aangehouden.

Bodembuffering

De bodem pH_{NaCl} was met 3,4 wat aan de lage kant voor ontwikkeling van soortenrijk heischraal grasland, evenals de basenverzadiging met 19%. In redelijk tot goed ontwikkelde heischrale graslanden in Nederland werd een basenverzadiging boven de 38% gemeten (Tabel 2.1). Een belangrijke sturende factor in de vegetatieontwikkeling is de beschikbaarheid van calcium en de verhouding tussen beschikbaar aluminium en calcium in de bodem, de Al/Ca ratio (H2). In dit perceel was de beschikbare Ca-concentratie in de bodem te laag met 919 µmol/l bodem en de Al/Ca-ratio te hoog met 1,6 mol/mol. Ook de kalium- en magnesiumconcentraties in de bodem waren laag met 196 µmol K/l en 180 µmol Mg/l bodem.

Conclusies en aanbevelingen Assel

In Assel was de bodembuffering aan de lage kant en de fosfaatrijkdom aan de hoge kant. De NH_4-concentraties waren daarentegen zeer laag. Op deze locatie wordt aanbevolen om verder te verschralen en de bodembuffering te verhogen door een kalkgift van 1,5-2 ton dolokal/ha.

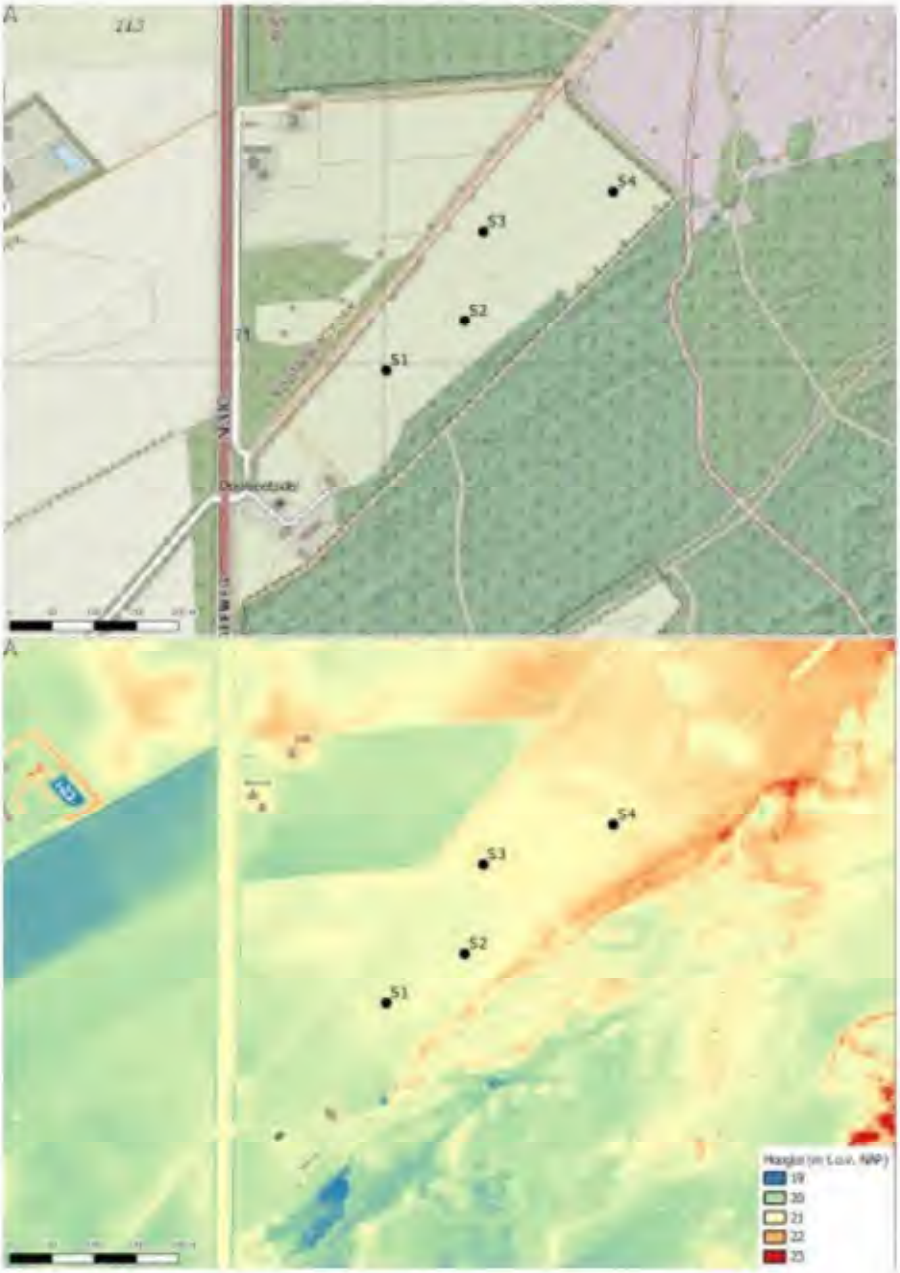
Tabel 9.16. Overzicht belangrijkste bodemchemische parameters en de range gemeten in goed ontwikkeld heischraal grasland. Groen=waarde voldoet aan referentie, oranje: waarde voldoet niet maar komt "in de buurt", rood: waarde voldoet niet aan doelstelling. Referentiewaarden zijn weergegeven in Tabel 9.1.

Code	Diepte	pHNaCl	Ca	Al/Ca-ratio	NO3	NH4	OlsenP	P-vrij	BV
			µmol/l bodem	mol/mol		µmol/l bodem			%
Doel	H6230	>3,5	>2250	<0,8	<200	<200	<400	<2	>38
A1	0-10	3,4	919	1,6	57	19	1230	11,2	18,5

Stroe

Algemene beschrijving

Nabij Stroe ligt een oude akker in beheer van Staatsbosbeheer. Vraagstelling voor dit perceel is wat de opties zijn voor ontwikkeling van soortenrijke natuur bij het afgraven van maximaal 30 cm van de toplaag. Er werden op vier locaties bodemmonsters verzameld waarvan er één gelegen was in gedeelte met een recent beheer van drukbegrazing met schapen (S4). De dikte van de bouwvoor varieerde sterk binnen het perceel van 30-40 cm dikte op locatie S1,3 en 4 tot 70 cm dikte op locatie S2. Onder de bouwvoor werd een ijzerrijke lemige fijne zandbodem aangetroffen. Een uitzondering was locatie S3 waar de bodem onder de bouwvoor uit geel zand bestond.



Figuur 9.36. Topografische kaart en hoogtekaart (AHN in m t.o.v. NAP) met de monsterpunten (Bron: PDOK).

Figuur 9.37. Linksboven indruk van de vegetatie in de oude akker, rechtsboven overzicht van het boorprofiel en onder overzicht van het begraasde deel van het terrein.

Resultaten

Het organisch stof percentage was in de bouwvoor (0-30/40 cm) wat hoger dan in de diepere bodemlaag met 4,6 tot 7,7% tegen 1,8 tot 3,6% in de diepere bodemlagen. De Cation Exchange Capacity (CEC) liet eenzelfde patroon zien, met 33 tot 77 meq/l in de bouwvoor en 14 tot 32 meq/l in de bodem onder de bouwvoor (Tabel 9.17).

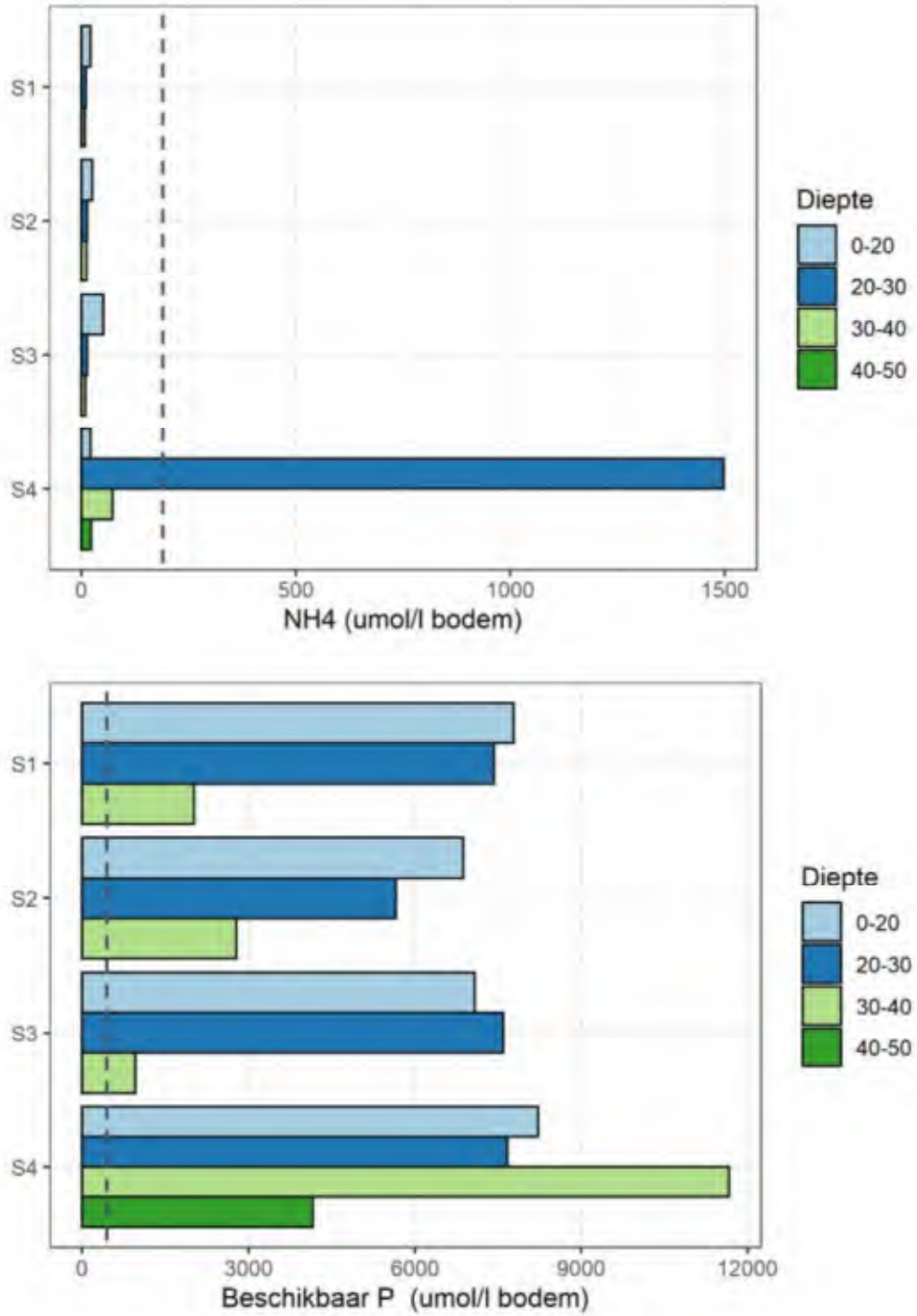
Tabel 9.17. Bodemchemische gegevens van Stroe. Diepte=diepte bodemmonster in cm-maaiveld, MV=massavolume, OS=organische stofpercentage, BV=basenverzadiging en CEC=Cation Exchange Capactity. Zoutextract: waarden gemeten in 0,2M NaCl-extract, Strontium: waarden gemeten in het strontiumextract.

					Zout											Strontium	
Code	**Diepte**	**MV**	**OS**	**Olsen-P**	**pH extract**	**NO3-**	**NH4+**	**Al**	**Ca**	**Fe**	**K**	**Mg**	**Mn**	**P**	**Al/Ca-ratio**	**BV**	**CEC**
		kg droog/ liter vers	(%)						umol/l bodem							%	meq/l
S1	0-20	1,0	6,6	7781	4,2	639	21	105	7955	5	639	1480	86,5	80,9	0,01	73,7	50,9
	20-30	0,9	5,8	7422	4,7	158	11	31	10351	3	178	1151	11,8	79,4	0,003	87,0	61,5
	30-40	1,0	3,6	2019	4,7	68	8	99	7034	2	185	551	7,4	2,0	0,01	79,2	40,6
S2	0-20	1,1	5,4	6877	4,2	277	25	176	5455	2	341	1206	43,6	44,0	0,03	67,2	38,7
	20-30	1,0	4,6	5664	4,3	163	13	176	5164	2	319	724	29,0	23,2	0,03	64,7	32,6
	30-40	1,1	4,6	2781	4,5	119	12	109	6122	3	395	652	7,4	3,1	0,02	69,8	35,2
S3	0-20	0,9	7,7	7080	4,6	466	51	43	9795	3	434	3494	19,3	70,9	0,004	86,7	61,7
	20-30	1,0	6,2	7598	4,4	166	13	89	8430	3	217	961	12,3	32,3	0,01	77,8	48,7
	30-40	1,2	1,8	958	4,6	35	9	141	2237	4	297	212	3,0	1,4	0,06	65,1	13,9
S4	0-20	1,0	6,2	8223	4,0	329	21	271	6299	3	202	554	79,5	84,1	0,04	60,8	42,0
	20-30	0,9	5,6	7663	4,3	1076	1497	101	8005	2	548	431	40,2	101,6	0,01	71,6	47,5
	30-40	1,0	7,4	11661	4,3	830	72	65	14972	2	182	822	8,2	145,6	0,004	82,3	77,1
	40-50	1,1	2,6	4160	4,3	265	23	112	5720	3	216	220	1,7	39,8	0,02	67,0	32,0

Stikstof en fosfaat

In deze oude akker waren de NH_4-concentraties zeer laag (55 µmol/l bodem). Een uitzondering was locatie S4 in het begraasde deel, waar op een diepte van 20-30 cm een zeer hoge NH_4-concentratie gemeten werd van 1497 µmol/l bodem. De nitraatconcentraties in de bodem waren in de bovenste 20 cm van de bodem verhoogd met concentraties van 277 tot 639 µmol/l bodem. Wederom vormde locatie S4 een uitzondering met in het gehele diepteprofiel te hoge nitraatconcentraties van 265 tot maar liefst 1076 µmol/l bodem. Mogelijk is dit een effect van de recente drukbegrazing met schapen.

Het landbouwkundig verleden was duidelijk terug te zien in de fosfaatbeschikbaarheid in de bodem. De bodem was sterk verrijkt met fosfaat tot een diepte van 40 tot 50 cm met concentraties van 2019 tot 11.661 µmol/l bodem Olsen-P. Alleen op locatie S3 werd onder de bouwvoor een wat lagere Olsen-P concentratie in de bodem gemeten van 958 µmol/l bodem. Hetzelfde beeld was te zien voor de P-vrije concentratie in de bodem. Echter is dit nog steeds veel te hoog voor ontwikkeling van heischraal grasland waarvoor een streefconcentratie onder de 400 µmol Olsen-P/l bodem aangehouden wordt.

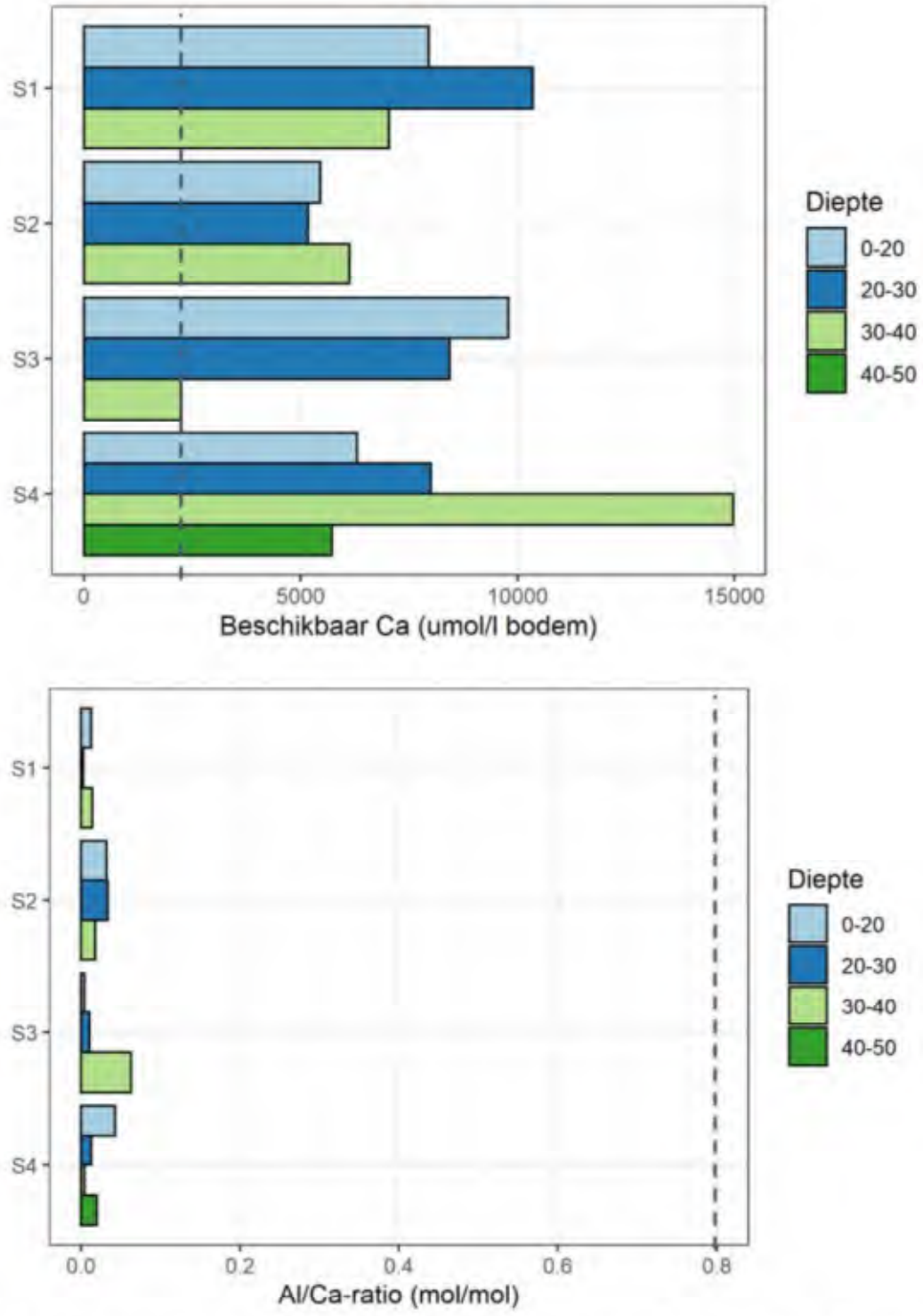


Figuur 9.38. NH_4 en Olsen-P-concentraties gemeten in de percelen in Stroe. De blauwe stippellijn geeft de uiterste referentiewaarde weer gemeten in goed heischraal grasland (200 µmol NH4/l bodem en 400 µmol P/l bodem) (Tabel 9.1).

Bodembuffering

De bodem van deze voormalige akker was over het gehele diepteprofiel voldoende gebufferd voor ontwikkeling van heischraal grasland met een bodem pH_{NaCl} van 4,0 tot 4,7 en een hoge basenverzadiging van 61 tot 87%. Ook de beschikbare Ca-concentraties in de bodem waren over het algemeen hoog (>5000 µmol/l bodem) en de Al/Ca-ratio was over het algemeen zeer laag (<0,1

mol/mol), met uitzondering van de 30-40 cm bodemlaag op locatie S3 met een wat lagere Ca-concentratie van 2237 µmol/l bodem.



Figuur 9.39. Beschikbare Ca-concentratie in µmol/l bodem (bovenste) en de Al/Ca-ratio (onderste) gemeten in Stroe. Blauwe lijn geeft 2250 µmol/l bodem (Ca-beschikbaarheid) en 0,8 (Al/Ca ratio) (Tabel 2.1).

Conclusies en aanbevelingen Stroe

In Stroe was de bodembuffering goed voor ontwikkeling van heischraal grasland, en ook de ammoniumconcentraties waren over het algemeen voldoende laag. Het grootste knelpunt in dit perceel is de hoge fosfaatbeschikbaarheid in de bodem tot een diepte van 40 of 50 cm. Maatregelen als plaggen of afgraven zullen niet direct tot een sterke verbetering leiden tenzij er diep ontgrond wordt (>50 cm); hiervoor is aanvullend bodemonderzoek nodig. Indien dieper afgraven niet mogelijk is, wordt voor deze locatie wordt geadviseerd verder te gaan met verschralen, eventueel door middel van uitmijnen met een grasklaver-mengsel en een aanvullende kaliumgift en/of N-gift. Door de lage N-concentraties kan mogelijk een N-gelimiteerde vegetatie ontstaan (Loeb et al., 2017). Het is echter onbekend in hoeverre een echt soortenrijke vegetatie kan ontstaan bij een dergelijk "scheve" N:P-ratio. Indien er niet diep (>50 cm) ontgrond kan worden, is een ontwikkeling naar kruiden- en faunarijk grasland of het ontwikkelen van een kruidenrijke akker het meest kansrijk. Voor een kruiden- en faunarijk grasland is een Olsen-P streefconcentratie van circa 900-1200 µmol/l geformuleerd. Uit recent onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (<900-1200 µmol/l) (5.1.2e , pers. comm.). Dit is slechts een indicatieve streefwaarde: 'kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Indien er van te voren wel 30 cm ontgrond wordt voor de aanvullende verschraling, zijn de streefconcentraties voor kruiden- of faunarijkgrasland op veel kortere termijn haalbaar dan als er niet wordt ontgrond. Op locatie S3 kan met een ontgronding van 30 cm de fosfaatrijkdom in de bodem zodanig verlaagd worden, dat met aanvullende verschraling ontwikkeling van heischraal grasland op den duur mogelijk is.

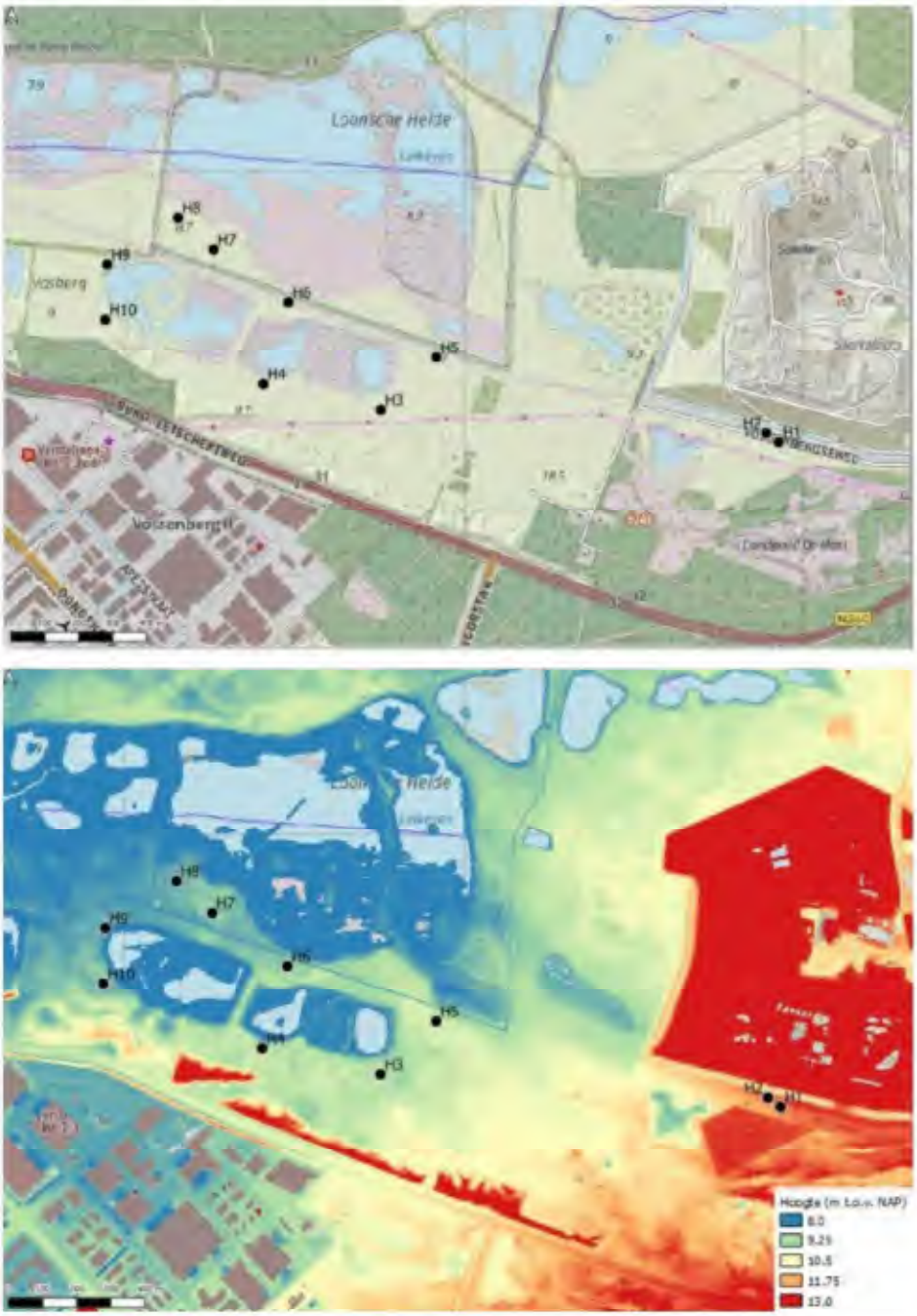
Tabel 9.18. Overzicht belangrijkste bodemchemische parameters en de range gemeten in goed ontwikkeld heischraal grasland. Groen=waarde voldoet aan referentie, oranje: waarde voldoet niet maar komt "in de buurt", rood: waarde voldoet niet aan doelstelling. Referentiewaarden zijn weergegeven in Tabel 9.1.

Code	Diepte	pHNaCl	Ca	Al/Ca-ratio	NO3	NH4	OlsenP	P-vrij	BV
			µmol/l bodem	mol/mol		µmol/l bodem			%
Doel	H6230	>3,5	>2250	<0,8	<200	<200	<400	<2	>38
S1	0-20	4,2	7955	0,01	639	21	7781	80,9	73,7
	20-30	4,7	10351	0,003	158	11	7427	79,4	87,0
	30-40	4,7	7034	0,01	68	8	2019	2,0	79,2
S2	0-20	4,2	5455	0,03	277	25	8877	44,0	67,2
	20-30	4,3	5164	0,03	163	13	5664	23,2	64,7
	30-40	4,5	6122	0,02	119	12	2781	3,1	69,8
S3	0-20	4,6	9795	0,004	466	51	7080	70,9	86,7
	20-30	4,4	8430	0,01	166	13	7598	82,3	77,8
	30-40	4,6	2237	0,06	35	9	958	1,4	65,1
S4	0-20	4,0	6299	0,04	329	21	8223	84,1	60,8
	20-30	4,3	8005	0,01	1076	1497	7663	101,6	71,6
	30-40	4,3	14972	0,004	810	72	11681	145,6	82,3
	40-50	4,3	5720	0,02	265	23	4160	39,8	67,0

Huis ter Heide

Algemene beschrijving

Het gebied Huis ter Heide is gelegen ten noordwesten van Tilburg. In het zuidelijk gedeelte nabij de Loonsche Heide werden op tien locaties bodemmonsters verzameld van de bovenste 10 cm in ontgronde, heringerichte terreindelen (Figuur 9.40). Over het algemeen werd nog een restant van de bouwvoor aangetroffen van 20-35 cm dikte op geel zand, met uitzondering van locatie H8 waar geen bouwvoor werd aangetroffen. De vegetatie gaf een voedselrijke indruk met soorten als duizendblad, vijfvingerkruid, boerenwormkruid, sint-janskruid, gewoon biggenkruid, zilverschoon en smalle weegbree. Op locatie H7 oogde de vegetatie schraler. Daarnaast ontbraken struikhei en dophei met regelmaat in de vegetatie.



Figuur 9.40. Topografische kaart en hoogtekaart (AHN in m t.o.v. NAP) met de monsterpunten (Bron: PDOK).

Figuur 9.41. Links- en rechtsboven indruk van monsterlocatie H1 en 2, linksonder indruk van monsterlocatie H9 en rechtsonder bodemguts van H7 en H5.

Resultaten

De bodem in Huis ter heide bestond voornamelijk uit licht lemig zand met een organisch stofpercentage van 2,4 tot 6,6% en een CEC variërend van 29 tot 102 meq/l bodem.

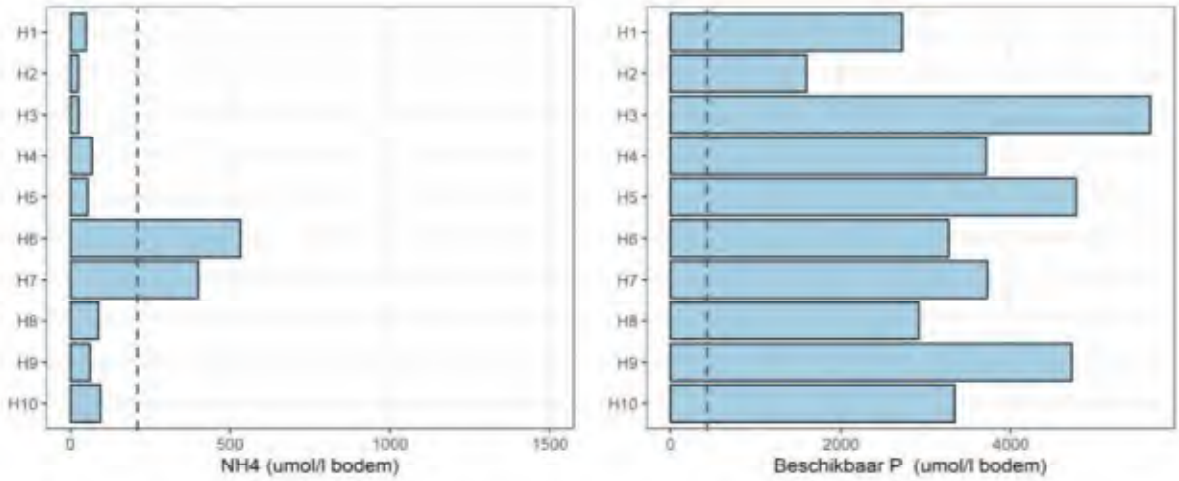
Tabel 9.19. Bodemchemische gegevens van Huis ter heide. Diepte=diepte bodemmonster in cm-maaiveld, MV=massavolume, OS=organische stofpercentage, BV=basenverzadiging en CEC=Cation Exchange Capactity. Zoutextract: waarden gemeten in 0,2M NaCl-extract, Strontium: waarden gemeten in het strontiumextract.

					Zout											Strontium	
Code	Diepte	MV	OS	Olsen-P	pH extract	NO3-	NH4+	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	Al/Ca-ratio	BV	CEC
		kg droog/ liter vers	(%)						umol/l bodem							%	meq/l
H1	0-10	1,2	4,1	2722	5,7	150	49	10	11896	3	1003	1413	2,2	12,9	0,001	94,4	57,5
H2	0-10	1,0	6,6	1596	4,8	184	24	51	6949	4	484	1662	9,2	5,9	0,01	80,4	38,4
H3	0-10	1,1	2,4	5641	4,6	125	26	57	3840	2	645	1156	16,1	79,8	0,01	76,5	22,8
H4	0-10	1,0	6,5	3711	5,4	431	67	13	12020	2	1706	2224	2,3	62,1	0,001	98,9	102,4
H5	0-10	1,1	4,6	4771	5,0	224	54	22	9149	2	387	2444	9,3	122,6	0,002	92,3	53,2
H6	0-10	1,1	4,1	3268	5,1	622	533	14	8735	3	1385	4189	13,4	105,5	0,002	92,1	55,0
H7	0-10	1,0	6,4	3727	4,3	257	400	137	6291	3	369	2087	51,1	28,0	0,02	71,9	47,6
H8	0-10	1,0	5,6	2919	4,2	278	88	417	4047	3	224	590	108,3	6,5	0,10	48,2	29,1
H9	0-10	1,1	6,0	4714	4,6	475	61	50	8789	3	773	3130	22,6	69,2	0,01	86,2	60,6
H10	0-10	1,1	5,8	3343	5,4	250	94	11	11117	3	626	3008	3,2	25,3	0,001	97,1	73,3

Stikstof en fosfaat

De ammoniumconcentratie was over het algemeen laag in de heringerichte terreinen met concentraties onder de 100 µmol/l bodem. Een uitzondering vormde locatie H6 en 7 met een concentratie van 533 en 400 µmol/l bodem. In goed ontwikkelde heischrale graslanden is de gemeten ammoniumconcentratie over het algemeen lager dan 200 µmol/l bodem. De gemeten NO_3-concentraties waren op het merendeel van de locaties wat aan de hoge kant (125 tot 622 µmol/l bodem).

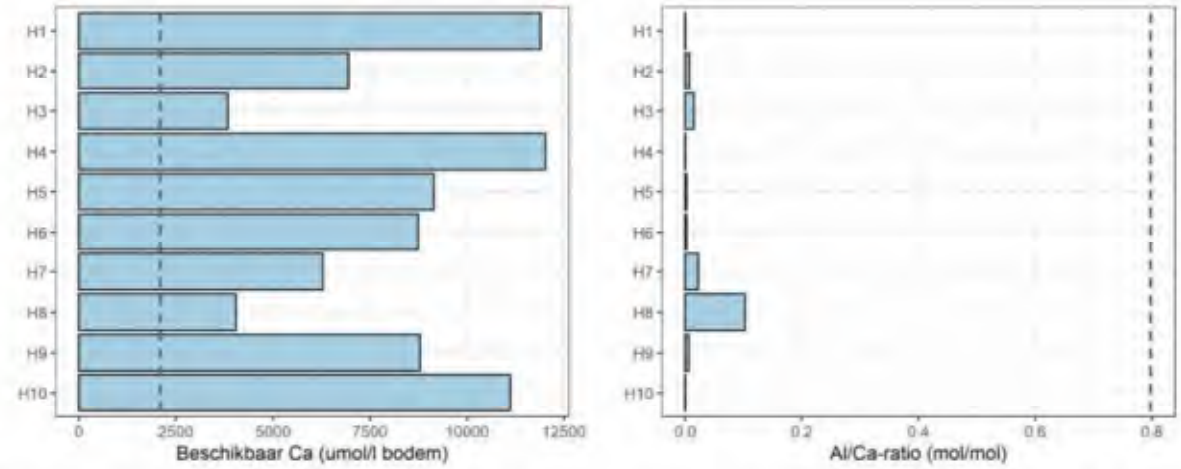
Voor de ontwikkeling van heischraal grasland zijn lage Olsen-P concentraties in de bodem een voorwaarde. De Olsen-P concentraties gemeten in Huis ter heide waren op alle locaties veel te hoog voor ontwikkeling van heischraal grasland waarin waardes onder de 400 µmol/l gemeten worden. In de bemonsterde locaties werden Olsen-P waarden van 1596 tot maar liefst 5641 µmol/l bodem gemeten. Ook de P-vrije concentraties waren zeer hoog met 5,9 tot 122,6 µmol/l bodem. Ook op locatie H8, waar geen restant van de bouwvoor meer aangetroffen werd, werd het landbouw verleden duidelijk gemeten.



Figuur 9.42. NH_4 (links) en Olsen-P (rechts) gemeten in de 0-10 cm bodemlaag. Blauwe lijn geeft 200 µmol/l bodem (NH_4-beschikbaarheid) en 400 µmol/l Olsen-P (Tabel 2.1).

Bodembuffering

Wat bodembuffering betreft, waren alle locaties goed gebufferd, met een pH_{NaCl} hoger dan 4,2 en een hoge basenverzadiging van 48 tot 99%. De beschikbare calciumconcentraties waren hoog tot zeer hoog (ca. 4000-12.000 µmol/l bodem) en de Al/Ca-ratio was op alle locaties zeer laag (<0,1 mol/mol). Ook de beschikbare magnesium- en kaliumconcentraties in de bodem waren over het algemeen hoog in deze bodems. Een uitzondering was locatie H8 met een relatief lage beschikbaar Mg- en K-concentratie van respectievelijk 590 en 224 µmol/l bodem. Dit was ook de enige locatie waar geen restant van de bouwvoor werd aangetroffen. Heischrale graslanden hebben echter ook een bovengrens voor de zuurgraad; als de pH boven circa 5,0 komt, zal de heide-component verdwijnen en een droge, schrale vegetatie zich ontwikkelen als droog grasland op zandgrond (klasse 14; Koelerio-Corynephoretea). Op locaties 1, 4, 6 en 10 was de pH te hoog om heischraal grasland te kunnen ontwikkelen indien de voedselrijkdom laag genoeg zou zijn geweest.



Figuur 9.43. Beschikbare Ca-concentratie in µmol/l bodem (links) en de Al/Ca-ratio (rechts) gemeten in Huis ter Heide. Blauwe lijn geeft 2250 µmol/l bodem (Ca-beschikbaarheid) en 0,8 (Al/Ca ratio) (Tabel 2.1).

Conclusies en aanbevelingen Huis ter Heide

Op de bemonsterde locaties in Huis ter Heide is de bodem voldoende gebufferd voor ontwikkeling van heischraal grasland. Op een deel van de plekken is de zuurgraad/buffering te hoog. De nog veel te hoge fosfaatbeschikbaarheid in de bodem vormt echter het grootste knelpunt voor ontwikkeling van heischraal grasland, een teken dat er bij herinrichting te ondiep is ontgrond om voedselarme omstandigheden te creëren. Voor deze locaties wordt geadviseerd om verder te gaan met verschralen. Op locaties die weinig soortenrijk zijn kan gedacht worden aan verschraling door middel van uitmijnen met een grasklaver-mengsel om sneller P af te voeren.

Tabel 9.20. Overzicht belangrijkste bodemchemische parameters en de range gemeten in goed ontwikkeld heischraal grasland. Groen=waarde voldoet aan referentie, oranje: waarde voldoet niet maar komt "in de buurt", rood: waarde voldoet niet aan doelstelling. Referentiewaarden zijn weergegeven in Tabel 9.1.

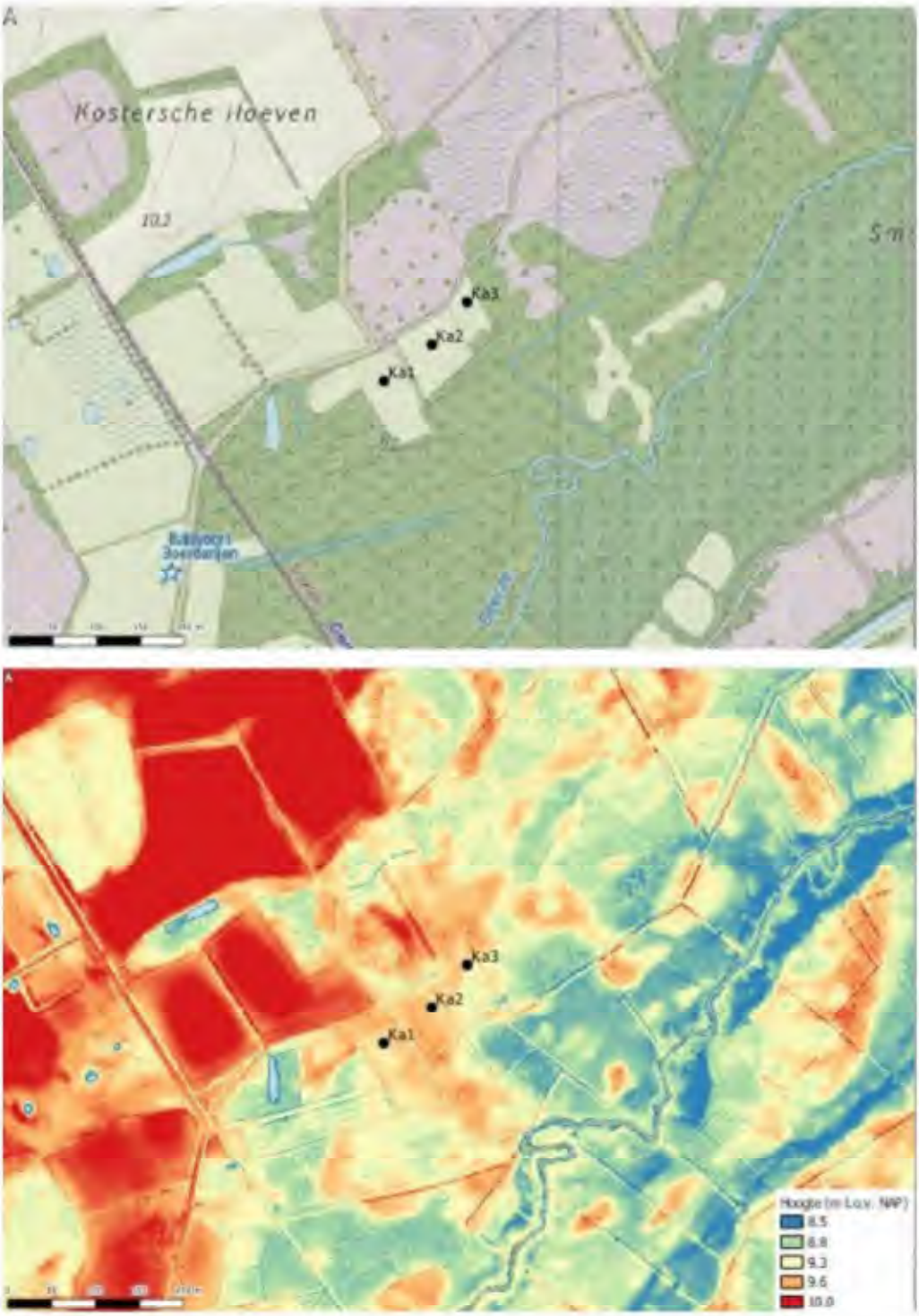
Code	Diepte	pHNaCl	Ca	Al/Ca-ratio	NO3	NH4	OlsenP	P-vrij	BV
			µmol/l bodem	mol/mol		µmol/l bodem			%
Doel	H6230	>3,5	>2250	<0,8	<200	<200	<400	<2	>38
H1	0-10	5,7	11896	0,001	150	49	2722	12,9	94,4
H2	0-10	4,8	6949	0,01	184	24	1596	5,9	80,4
H3	0-10	4,6	3840	0,01	125	26	3681	79,8	76,5
H4	0-10	5,4	12020	0,001	431	67	3711	62,1	98,9
H5	0-10	5,0	9149	0,002	224	54	4771	122,6	92,3
H6	0-10	5,1	8735	0,002	622	533	3268	105,5	92,1
H7	0-10	4,3	6291	0,02	257	400	3727	28,0	71,9
H8	0-10	4,2	4047	0,10	278	88	2919	6,5	48,2
H9	0-10	4,6	8789	0,01	475	61	4714	89,2	86,2
H10	0-10	5,4	11117	0,001	250	94	3343	25,3	97,1

Kampina

Algemene beschrijving

In natuurgebied de Kampina in Noord-Brabant werden in het kader van dit project drie percelen bemonsterd door 5.1.2e ten zuiden van de heide en ten noorden van Smalbroeken (Figuur 9.44 en 9.45). In de drie percelen werden mengmonsters van 4-5 steken verzameld van de bovenste 10 cm van de bodem. Het perceel met mengmonsterlocatie Ka1 wordt jaarlijks gemaaid en heeft een wisselend beeld qua vegetatie met veel open stukken bodem, zones met Pitrus maar ook open plekken met Tormentil, veelbloemige (of gewone) veldbies, struikheide en verspreid gewone dophei. Monsterpunt Ka2 daarentegen werd verzameld in een perceel dat al enige tijd niet meer gemaaid is, maar binnen de integrale begrazingseenheid valt. Ook in dit perceel werden zones met Pitrus (en bramen) aangetroffen, maar ook veel Tormentil, gewone dophei en struikheide. Langs de noordrand stond wilde gagel, ruwe en zachte berk. In een greppel werd ook blauwe zegge aangetroffen. Tussen 1990 en 2010 werden hier ook nog geelgroene zegge, gevlekte orchis, Bosorchis, tandjesgras en liggende vleugeltjesbloem waargenomen (mededeling 5.1.2e). Locatie Ka3 was gelegen in een perceel dat tot 10 jaar geleden aangeduid werd als het orchideeënveldje. In 2009 werd hier de laatste orchidee waargenomen (mededeling 5.1.2e). Aan de oostkant grenst het perceel aan een oude houtsingel met redelijk vitale eiken die van oudsher de afscheiding vormde tussen het in cultuur gebrachte deel van Balsvoort en de heide. Het beheer bestond uit handmatig maaien met een bosmaaier. Het perceel werd echter de laatste jaren niet meer gemaaid waardoor de wilde gagel en dennenopslag sterk is toegenomen. In het perceel werd veel Hengel, Tandjesgras, Gewone dophei, Struikhei, Tormentil en liggende vleugeltjesbloem aangetroffen.

Figuur 9.44. Indruk van perceel Ka1. Foto: 5.1.2e



Figuur 9.45. Topografische kaart en hoogtekaart (AHN in m t.o.v. NAP) met de monsterpunten (Bron: PDOK).

Figuur 9.46. Indruk van perceel Ka2 (boven) en Ka3 (onder). Foto's: 5.1.2e

Resultaten

In alle drie de percelen werd een mengmonster van de bovenste 10 cm verzameld. In locatie Ka1 en 2 werd een wat lager organisch stofpercentage gemeten van 5,0-5,9% ten opzichte van Ka3 met 9,0% (Tabel 9.21). Voor de CEC was een vergelijkbaar patroon zichtbaar met een CEC van 24,2-26,0 meq/l in Ka1 en 2 tegen 39,6 meq/l in Ka3.

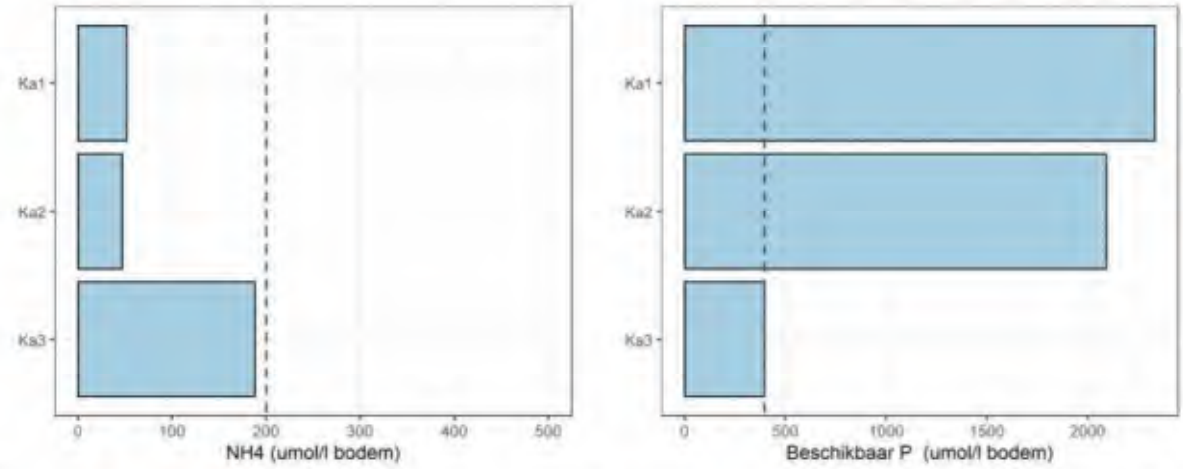
Tabel 9.21. Bodemchemische gegevens van de Kampina. Diepte=diepte bodemmonster in cm-maaiveld, MV=massavolume, OS=organische stofpercentage, BV=basenverzadiging en CEC=Cation Exchange Capactity. Zoutextract: waarden gemeten in 0,2M NaCl-extract, Strontium: waarden gemeten in het strontiumextract.

					Zout											Strontium	
Code	**Diepte**	**MV**	**OS**	**Olsen-P**	**pH extract**	**NO3-**	**NH4+**	**Al**	**Ca**	**Fe**	**K**	**Mg**	**Mn**	**P**	**Al/Ca-ratio**	**BV**	**CEC**
		kg droog/ liter vers	(%)						umol/l bodem							%	meq/l
Ka1	0-10	1,0	5,9	2335	3,8	361	52	1580	442	8	308	207	40,1	4,3	3,6	13,3	26,0
Ka2	0-10	1,1	5,0	2095	3,9	342	47	1408	329	6	240	145	37,6	1,1	4,3	13,1	24,2
Ka3	0-10	0,9	9,0	396	3,6	4	188	2315	834	11	286	342	8,7	1,0	2,8	10,1	39,6

Stikstof en fosfaat

De ammoniumconcentraties in de bodem vielen op alle drie locaties binnen de randvoorwaarde voor ontwikkeling van heischraal grasland (<200 µmol/l bodem). De nitraatconcentraties daarentegen waren op locatie Ka1 en 2 wat aan de hoge kant met 361 en 342 µmol/l bodem. Op locatie Ka3 was de NO_3-concentratie in de bodem laag met 4 µmol/l bodem.

Ook de beschikbare fosfaatconcentratie in de bodem was hoog op locatie Ka1 en 2 met 2335 en 2095 µmol/l bodem. Op locatie Ka3 was de Olsen-P concentratie voldoende laag voor ontwikkeling van heischraal grasland met een concentratie van 396 µmol/l bodem. De te hoge Olsen-P concentraties en hoge nitraatbeschikbaarheid maken locatie Ka1 en 2 gevoelig voor verruiging, zoals de zones met Pitrus en bramen op deze locaties.

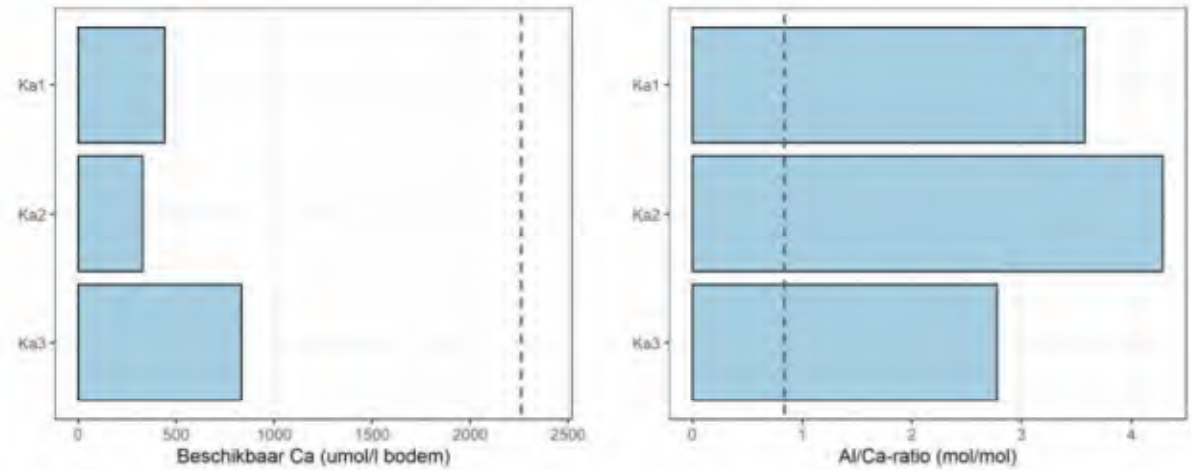


Figuur 9.47. NH_4 en Olsen-P-concentraties gemeten in de percelen in Kampina. De blauwe stippellijn geeft de uiterste referentiewaarde weer gemeten in goed heischraal grasland (200 µmol NH4/l bodem en 400 µmol P/l bodem) (Tabel 9.1).

Bodembuffering

De gemeten pH_{NaCl} lag op alle bemonsterde locaties binnen of in de buurt van de range gemeten in goed ontwikkelde heischrale graslanden (Tabel 9.1). Op alle locaties werd een lage basenverzadiging gemeten van slechts 10 tot 13%. In goed ontwikkelde heischrale graslanden ligt de basenverzadiging boven de 38%. De lage basenverzadiging werd ook terug gemeten in de calciumbeschikbaarheid in de bodem. In goed ontwikkelde heischrale graslanden werden beschikbare calciumconcentraties gemeten boven de 2250 µmol/l bodem, en de verhouding tussen beschikbaar aluminium en calcium

(Al/Ca-ratio) ligt onder de 0,8 mol/mol. Op locatie Ka1, 2 en 3 was de Ca-beschikbaarheid in de bodem (zeer) laag met concentraties van 329 tot 834 µmol/l bodem. De Al/Ca-ratio was op alle locaties te hoog met 2,8 tot 4,3 mol/mol. Ook de beschikbare Mg en K-concentraties in de bodem waren relatief laag (<350 µmol/l bodem).



Figuur 9.48. Beschikbare Ca-concentratie in µmol/l bodem (links) en de Al/Ca-ratio (rechts) gemeten in Kampina. Blauwe lijn geeft 2250 µmol/l bodem (Ca-beschikbaarheid) en 0,8 (Al/Ca ratio) (Tabel 2.1).

Conclusies en aanbevelingen Kampina

In perceel Ka1, 2 en 3 was de bodem onvoldoende gebufferd voor ontwikkeling van heischraal grasland. Waarschijnlijk heeft verdroging en verzuring geleid tot het verdwijnen van soorten als gevlekte orchis, bosorchis en geelgroene zegge op locatie Ka2 en 3. Voor alle locaties wordt geadviseerd om de bodembuffering te herstellen met een kalkgift van 1,5-2 ton dolomietenkalk/ha. Daarnaast was op locatie Ka1 en 2 ook de P-beschikbaarheid (veel) te hoog en werden verhoogde NO_3-concentraties in de bodem gemeten, waardoor het risico op verruiging groot is. Vanwege de te hoge voedselrijkdom wordt een intensiever verschralingsbeheer aanbevolen van maaien en afvoeren. Op locatie Ka3 wordt aanbevolen om de bosopslag te verwijderen.

Tabel 9.22. Overzicht belangrijkste bodemchemische parameters en de range gemeten in goed ontwikkeld heischraal grasland. Groen=waarde voldoet aan referentie, oranje: waarde voldoet niet maar komt "in de buurt", rood: waarde voldoet niet aan doelstelling. Referentiewaarden zijn weergegeven in Tabel 9.1.

Code	Diepte	pHNaCl	Ca	Al/Ca-ratio	NO3	NH4	OlsenP	P-vrij	BV
			µmol/l bodem	mol/mol		µmol/l bodem			%
Doel	H6230	>3,5	>2250	<0,8	<200	<200	<400	<2	>38
Ka1	0-10	3,8	442	3,6	361	52	2335	4,3	13,3
Ka2	0-10	3,9	329	4,3	342	47	2095	1,1	13,1
Ka3	0-10	3,6	834	2,8	4	188	396	1,0	10,1

Bijlage 2 Opnames donorgraslanden

Vetgedrukt zijn heischrale soorten

Tabel 1.

Schaopedobbe I	
Blauwe zegge	lf
Bochtige smele	f
Borstelgras	r
Duizendblad	la
Fijn schapengras	f
Gestreepte witbol	o
Gewone dophei	lf
Gewone hoornbloem	r
Gewone veldbies	lf
Gewoon biggenkruid	f
Gewoon reukgras	lf
Gewoon struisgras	f
Jacobskruiskruid	r
Liggend walstro	lf
Liggende vleugeltjesbloem	o
Mannetjesereprijs	r
Muizenoor	lf
Pijpenstrootje	f
Pilzegge	o
Rood zwenkgras	lf
Schapenzuring	la
Schermhavikskruid	lf
Smalle weegbree	la
Stekelbrem	lf
Stijve ogentroost	o
Struikhei	la
Tandjesgras	lf
Tormentil	la
Trekrus	la
Valkruid	o
Veelbloemige veldbies	o
Zandblauwtje	lf

Tabel 2.

Schaopedobbe II	
Blauwe knoop	la
Bochtige smele	lf
Duizendblad	lf
Fijn schapengras	f
Gestreepte witbol	o
Gewone dophei	lf
Gewone hoornbloem	o
Gewone waternavel	o
Gewoon biggenkruid	f
Gewoon struisgras	lf
Jacobskruiskruid	r
Kruipbrem	o
Liggend walstro	o
Liggende vleugeltjesbloem	r
Mannetjesereprijs	r
Muizenoor	r
Paardenbloem	o
Pijpenstrootje	a
Pilzegge	lf
Schapenzuring	o
Schermhavikskruid	lf
Stekelbrem	la
Struikhei	la
Tandjesgras	lf
Tormentil	lf
Trekrus	o
Valkruid	lf
Veelbloemige veldbies	r
Witte klaver	o
Zandblauwtje	r

Tabel 3.

Delleboersterheide I	
Blauwe knoop	la
Borstelgras	lf
Draadrus	r
Echte koekoeksbloem	o
Egelboterbloem	lf
Fijn schapengras	f
Gele lis	lf
Gestreepte witbol	lf
Gewone dophei	lf
Gewone veldbies	f
Gewone waternavel	lf
Gewoon biggenkruid	lf
Gewoon reukgras	f
Gewoon struisgras	la
Grote wederik	la
Heidekartelblad	lf
Kale jonker	lf
Klokjesgentiaan	r
Kruipwilg	lf
Lidrus	o
Liggend walstro	la
Mannetjesereprijs	o
Moerasrolklaver	lf
Moerasstruisgras	ld
Moerasviooltje	lf
Moeraswalstro	o
Noordse zegge	lf
Pijpenstrootje	a
Pitrus	lf
Rode bosbes	lf
Schapenzuring	la
Schildereprijs	lf
Smalle stekelvaren	r
Smalle weegbree	o
Spaanse ruiter	r
Stekelbrem	lf
Sterzegge	o
Stijve ogentroost	lf
Struikhei	lf
Tandjesgras	lf
Tormentil	f
Trekrus	lf
Veelbloemige veldbies	lf
Veldrus	lf

Veldzuring	o
Wateraardbei	r
Wolfspoot	lf
Zeegroene muur	o
Zwarte zegge	lf

Tabel 4

Delleboersterheide II	
Biezenknoppen	o
Blauwe knoop	lf
Blauwe zegge	la
Borstelgras	lf
Draadzegge	lf
Egelboterbloem	lf
Fijn schapengras	lf
Gele lis	lf
Gestreepte witbol	lf
Gewone ereprijs	r
Gewone hoornbloem	r
Gewone veldbies	lf
Gewone waternavel	lf
Gewoon biggenkruid	lf
Gewoon reukgras	lf
Gewoon struisgras	la
Grasmuur	lf
Grote wederik	la
Heidekartelblad	lf
Kale jonker	o
Kruipwilg	r
Liggend walstro	f
Moerasstruisgras	ld
Moerasviooltje	lf
Moeraswalstro	lf
Pijpenstrootje	la
Pilzegge	lf
Pitrus	lf
Rood zwenkgras	lf
Schapenzuring	lf
Schermhavikskruid	o
Sterzegge	o
Struikhei	o
Tandjesgras	lf
Tormentil	a
Veelbloemige veldbies	lf
Veldrus	lf
Veldzuring	o
Wateraardbei	lf
Wolfspoot	lf

Tabel 5

Eexterveld	
Biezenknoppen	lf
Blauw glidkruid	o
Blauwe knoop	ld
Blauwe zegge	lf
Blonde zegge	o
Borstelgras	o
Draadgentiaan	r
Duizendblad	lf
Dwergvlas	lf
Egelboterbloem	lf
Engels raaigras	o
Fijn schapengras	f
Geelgroene zegge	o
Gestreepte witbol	f
Gevlekte orchis	lf
Gewone brunel	lf
Gewone dophei	f
Gewone hoornbloem	f
Gewone waternavel	lf
Gewoon biggenkruid	lf
Gewoon reukgras	f
Gewoon struisgras	f
Grasmuur	o
Grote ratelaar	o
Grote wederik	lf
Hazenzegge	o
Heidekartelblad	lf
Kale jonker	o
Kamgras	lf
Klein glidkruid	r
Kleine zonnedauw	lf
Klokjesgentiaan	r
Koningsvaren	r
Kruipwilg	lf
Moerasrolklaver	lf
Moerasviooltje	lf
Moeraswalstro	o
Pijpenstrootje	a
Pilzegge	r
Pitrus	la
Rode klaver	lf
Ronde zonnedauw	r
Rood zwenkgras	lf
Schapenzuring	r

Schermhavikskruid	o
Scherpe boterbloem	lf
Smalle weegbree	lf
Snavelzegge	r
Stekelbrem	r
Sterzegge	r
Stijve ogentroost	lf
Struikhei	la
Tandjesgras	f
Tormentil	f
Trekrus	f
Veelbloemige veldbies	o
Veenbies	o
Veldrus	lf
Veldzuring	lf
Waterkruiskruid	r
Watermunt	lf
Wilde bertram	o
Witte klaver	lf
Wolfspoot	o
Zilverschoon	lf
Zomprus	o
Zwarte zegge	o

Tabel 6

Havelterberg SBB I	
Biezenknoppen	r
Blauwe knoop	o
Blauwe zegge	lf
Bochtige klaver	la
Bochtige smele	f
Bosanemoon	o
Brem	la
Distel	o
Echte guldenroede	o
Fijn schapengras	lf
Fraai hertshooi	lf
Gestreepte witbol	lf
Gevlekte orchis	o
Gewone dophei	la
Gewone hoornbloem	lf
Gewone rolklaver	lf
Gewone veldbies	o
Gewoon biggenkruid	o
Gewoon reukgras	lf
Gewoon struisgras	la
Grasklokje	o
Heidekartelblad	r
Hondsviooltje	r
Kleine bevernel	lf
Knollathyrus	lf
Kruipbrem	o
Kruipwilg	lf
Liggend walstro	lf
Liggende vleugeltjesbloem	lf
Pijpenstrootje	a
Pilzegge	lf
Rood zwenkgras	lf
Schermhavikskruid	lf
Smalle weegbree	lf
Stekelbrem	lf
Struikhei	a
Tandjesgras	lf
Tormentil	lf
Valkruid	r
Veldzuring	o
Wilde kamperfoelie	o

Tabel 7

Havelterberg SBB II	
Blauwe knoop	lf
Bleeksporig bosviooltje	r
Bochtige smele	f
Duizendblad	o
Echte guldenroede	o
Fijn schapengras	lf
Fraai hertshooi	o
Gestreepte witbol	lf
Gevlekte orchis	o
Gewone brunel	o
Gewone dophei	lf
Gewoon biggenkruid	lf
Gewoon struisgras	f
Grasklokje	o
Grasmuur	lf
Hondsviooltje	o
Klein vogelpootje	lf
Knollathyrus	r
Kruipbrem	r
Liggend walstro	f
Liggende vleugeltjesbloem	o
Mannetjesereprijs	o
Pijpenstrootje	a
Pilzegge	f
Schapenzuring	lf
Schermhavikskruid	lf
Stekelbrem	o
Struikhei	la
Tandjesgras	lf
Tormentil	lf
Trekrus	o
Veenbies	r

Tabel 8

Kleine Startbaan I Droog	
Addertong	o
Akkerdistel	lf
Blauwe knoop	f
Blauwe zegge	o
Bochtige smele	la
Boskruiskruid	r
Braam	la
Brede wespenorchis	o
Duinriet	lf
Duizendblad	lf
Echte guldenroede	lf
Fijn schapengras	f
Fraai duizendguldenkruid	lf
Gelobde maanvaren	o
Gestreepte witbol	lf
Gewone brunel	o
Gewone dophei	lf
Gewone hoornbloem	lf
Gewone rolklaver	lf
Gewoon biggenkruid	f
Gewoon reukgras	lf
Gewoon struisgras	a
Grasklokje	lf
Grasmuur	r
Grasmuur	r
Heermoes	o
Heidekartelblad	o
Hengel	lf
Hondsviooltje	lf
Kleine klaver	o
Kleine ratelaar	lf
Kleine tijm	r
Klokjesgentiaan	r
Kluwenhoornbloem	o
Knoopkruid	lf
Kruipwilg	f
Liggend walstro	o
Liggende vleugeltjesbloem	lf
Mannetjesereprijs	o
Muizenoor	f
Pijpenstrootje	f
Pilzegge	f
Riet	lf
Rietorchis	r

Rood zwenkgras	lf
Roos	lf
Ruige zegge	r
Schermhavikskruid	lf
Scherpe boterbloem	r
Sint-janskruid	lf
Smalle weegbree	f
Speerdistel	lf
Stekelbrem	r
Stijve ogentroost	f
Struikhei	la
Tandjesgras	f
Tormentil	f
Vroege haver	lf
Wilde kamperfoelie	lf
Zandblauwtje	r
Zilverhaver	o

Tabel 9

Kleine Startbaan II Vochtig	
Blauwe knoop	f
Blauwe zegge	la
Duinriet	lf
Duizendblad	lf
Fijn schapengras	lf
Fraai duizendguldenkruid	r
Geelgroene zegge	r
Gewone brunel	o
Gewone dophei	a
Gewone hoornbloem	o
Gewone rolklaver	lf
Gewone waternavel	r
Gewoon biggenkruid	lf
Gewoon reukgras	o
Gewoon struisgras	la
Grasmuur	lf
Heermoes	r
Heidekartelblad	lf
Hondsviooltje	lf
Kleine ratelaar	o
Klokjesgentiaan	f
Kruipwilg	f
Liggende vleugeltjesbloem	lf
Moeraswespenorchis	o
Muizenoor	lf
Pijpenstrootje	a
Pilzegge	lf
Rietorchis	o
Schermhavikskruid	o
Smalle weegbree	lf
Stekelbrem	o
Stijve ogentroost	lf
Struikhei	la
Tandjesgras	lf
Tormentil	lf
Trekrus	lf
Veenbies	lf

Tabel 10

Holtingerveld - Arnicaveld	
Blauwe knoop	lf
Bochtige smele	lf
Duinriet	la
Duizendblad	lf
Dwergviltkruid	o
Fijn schapengras	lf
Gestreepte witbol	lf
Gewone dophei	lf
Gewone hoornbloem	o
Gewone rolklaver	lf
Gewoon biggenkruid	lf
Gewoon struisgras	f
Grasklokje	lf
Heidekartelblad	lf
Hondsviooltje	lf
Klein vogelpootje	r
Kleine tijm	lf
Kruipwilg	o
Liggend walstro	lf
Liggende vleugeltjesbloem	lf
Mannetjesereprijs	lf
Muizenoor	lf
Pilzegge	lf
Schapenzuring	la
Schermhavikskruid	o
Smalle weegbree	r
Stekelbrem	la
Stijve ogentroost	o
Struikhei	lf
Tandjesgras	o
Tormentil	lf
Trekrus	o
Valkruid	lf
Veenbies	r
Zandblauwtje	o

Tabel 11

Punthuizen I	
Biezenknoppen	r
Blaaszegge	r
Blauwe knoop	la
Blauwe zegge	la
Bochtige smele	lf
Borstelgras	r
Bruine snavelbies	o
Duinriet	o
Echte koekoeksbloem	o
Egelboterbloem	lf
Fijn schapengras	r
Geelgroene zegge	r
Gestreepte witbol	o
Gewone dophei	o
Gewone waterbies	la
Gewone waternavel	lf
Gewoon biggenkruid	o
Grote wederik	la
Heidekartelblad	r
Klokjesgentiaan	lf
Klokjesgentiaan	lf
Kruipwilg	la
Moerasrolklaver	lf
Moerassmele	la
Moerasstruisgras	a
Moerasviooltje	o
Moeraswalstro	o
Moeraswespenorchis	r
Parnassia	lf
Pijpenstrootje	la
Rood zwenkgras	lf
Spaanse ruiter	la
Stekelbrem	r
Stijve ogentroost	lf
Struikhei	o
Tandjesgras	f
Tormentil	a
Trekrus	o
Veelbloemige veldbies	lf
Veldrus	la
Wateraardbei	o
Watermunt	o
Wilde bertram	o
Witte klaver	lf

Wolfspoot	o
Zilverschoon	o
Zwarte zegge	lf

Tabel 12

Punthuizen II	
Biezenknoppen	lf
Bochtige smele	f
Borstelgras	la
Fijn schapengras	f
Gewone dophei	o
Gewoon struisgras	a
Pijpenstrootje	la
Rood zwenkgras	f
Schapenzuring	lf
Struikhei	la
Tandjesgras	lf
Tormentil	f
Trekrus	f

Tabel 13

Mandercirkel Oost	
Akkerdistel	o
Bezemkruiskruid	o
Boerenwormkruid	lf
Borstelgras	r
Canadese fijnstraal	o
Duizendblad	lf
Dwergviltkruid	lf
Echte fijnstraal	o
Eekhoorngras	lf
Fijn schapengras	lf
Gestreepte witbol	lf
Gevlekte orchis	r
Gewone brunel	lf
Gewone dophei	lf
Gewone hoornbloem	o
Gewone rolklaver	f
Gewone veldbies	lf
Gewone zandmuur	lf
Gewoon biggenkruid	f
Gewoon struisgras	f
Glad walstro	lf
Grasmuur	lf
Grote teunisbloem	r
Hazenpootje	lf
Hondsdraf	o
Jacobskruiskruid	lf
Klein tasjeskruid	lf
Klein vogelpootje	lf
Kleine klaver	o
Kleine leeuwenklauw	lf
Kleine leeuwentand	lf
Kruipbrem	o
Kruipende boterbloem	o
Kruipwilg	o
Mannetjesereprijs	lf
Middelste teunisbloem	o
Muizenoor	lf
Muskuskaasjeskruid	r
Paardenbloem	o
Pilzegge	f
Pitrus	o
Ratelaar	r
Reigersbek	r
Rode klaver	lf

Rode schijnspurrie	r
Schapenzuring	lf
Schermhavikskruid	lf
Sint-janskruid	lf
Slofhak	lf
Smalle weegbree	lf
Steenanjer	lf
Stekelbrem	r
Stijve ogentroost	lf
Struikhei	a
Trekrus	r
Valse kamille	o
Veelbloemige veldbies	o
Veldzuring	o
Vertakte leeuwentand	o
Vogelwikke	lf
Vroege haver	lf
Vrouwenmantel	o
Witte klaver	o
Zachte ooievaarsbek	lf
Zandblauwtje	lf
Zilverhaver	lf
Zwarte toorts	lf

Tabel 14

Dal van de Mosbeek	
Beenbreek	o
Blauwe knoop	o
Blauwe knoop	o
Dwergviltkruid	lf
Gevlekte orchis	f
Gewone dophei	la
Gewone waternavel	o
Gewoon biggenkruid	f
Grote wolfsklauw	r
Heidekartelblad	lf
Hengel	lf
Klein vogelpootje	lf
Kleine zonnedauw	o
Kruipwilg	lf
Moerasviooltje	o
Moeraswolfsklauw	lf
Parnassia	o
Ronde zonnedauw	lf
Stekelbrem	lf
Struikhei	la
Tormentil	f
Trekrus	o
Veldrus	lf
Vetblad	o

Tabel 15

De Borkeld- De Hocht	1	2	3	4	5	6	7
Biezenknoppen			lf			r	lf
Blauwe zegge			lf			o	lf
Bochtige smele	la	la	f	a	lf	lf	r
Borstelgras			o			r	
Boskruiskruid				o			
Bruine snavelbies							la
Duizendblad							lf
Fijn schapengras	o	la	la	lf	lf	lf	f
Geelgroene zegge		r	r				
Gestreepte witbol	la	la	lf	la-a	lf-la	lf	lf
Gevlekte orchis			o			lf	lf
Gewone brunel		o	o				
Gewone dophei	o	o	lf	lf		la	ld
Gewone hoornbloem	lf	lf	r	o	r	o	r
Gewone margriet			o		o		o
Gewone rolklaver			o		r		r
Gewone vleugeltjesbloem			o				
Gewoon biggenkruid	f-a	f-a	f-a	f	f	lf	o
Gewoon reukgras	f	lf	lf	la-a	f-la	lf	o
Heidekartelblad		lf	r-lf				la
Jacobskruiskruid	lf	o	r	r		r	
Kale jonker		o	r				
Klein warkruid			r				r
Kleine ratelaar			r				
Kleine zonnedauw							lf
Klokjesgentiaan						r	o
Knoopkruid			o				o
Kruipwilg						o	la
Liggend walstro	la	la	o-lf	a	r	la	o
Liggende vleugeltjesbloem	lf	lf	lf	o		o	lf
Mannetjesereprijs	o	o	o			r	
Muizenoor			lf		a		
Pijpenstrootje	a	la	la	f	lf	a-ld	ld
Pilzegge	f-a	f-a	f-a	f	lf	f-a	f-a
Pitrus			lf			o	lf
Rood zwenkgras	lf	la	la	lf	lf-la	la	la
Schapenzuring	r	o		la		o	
Sint-janskruid						o	r
Smalle weegbree			o				
Stekelbrem		lf	la				
Stijf + Schermhavikskruid	o	lf	f	f	f-a		
Struikhei	lf	la	la	la		la	la
Tandjesgras	la	la	f-a	lf	lf	la	la
Tormentil	f	f	lf	f		la	f

60241 0030

Trekrus						o	lf
Veelbloemige veldbies	lf	lf	lf	f	r	o	lf
Veenbies							o
Welriekende nachtorchis							o
Witte snavelbies							r

Tabel 15

Stelkampsveld	
Blauwe knoop	f
Blauwe zegge	la
Bochtige smele	lf
Borstelgras	lf
Bruine snavelbies	r
Egelboterbloem	lf
Fijn schapengras	lf
Geelgroene zegge	r
Gevlekte orchis	lf
Gewone brunel	o
Gewone dophei	a
Gewone waterbies	lf
Gewone waternavel	lf
Gewoon biggenkruid	o
Gewoon reukgras	o
Gewoon struisgras	lf
Grote kattenstaart	o
Grote ratelaar	o
Grote wederik	la
Heidekartelblad	lf
Hengel	lf
Kale jonker	o
Kleine zonnedauw	lf
Klokjesgentiaan	lf
Knoopkruid	o
Kruipwilg	o
Lidrus	o
Liggend walstro	r
Liggende vleugeltjesbloem	r
Melkeppe	o
Moeraskruiskruid	o
Moerasrolklaver	lf
Moerasspirea	o
Moerasstruisgras	ld
Moeraswalstro	lf
Moeraswespenorchis	lf
Parnassia	o
Pijpenstrootje	a
Pilzegge	o
Poelruit	r
Riet	lf
Ruw walstro	o
Schermhavikskruid	o
Spaanse ruiter	la

Stekelbrem	lf
Stijve ogentroost	lf
Struikhei	ld
Tandjesgras	f
Tormentil	f
Trekrus	lf
Valkruid	r
Veelbloemige veldbies	o
Veelstengelige waterbies	o
Veenbies	o
Veldrus	lf

Tabel 16

Willink Weust	
Bevertjes	lf
Biezenknoppen	lf
Blauwe knoop	f
Blauwe zegge	la
Bleke zegge	lf
Blonde zegge	lf
Bosanemoon	o
Egelboterbloem	lf
Fijn schapengras	lf
Fraai hertshooi	o
Geelgroene zegge	lf
Gestreepte witbol	lf
Gevlekte orchis	lf
Gewone brunel	lf
Gewone dophei	lf
Gewone engelwortel	o
Gewone vleugeltjesbloem	lf
Gewoon biggenkruid	lf
Gewoon reukgras	f
Gewoon struisgras	la
Grasmuur	lf
Grote wederik	la
Heermoes	lf
Heidekartelblad	lf
Hengel	lf
Kale jonker	lf
Karwijselie	o
Klokjesgentiaan	o
Knoopkruid	lf
Koninginnekruid	o
Kruipbrem	o
Kruipwilg	lf
Liggende vleugeltjesbloem	lf
Mannetjesereprijs	o
Moerasrolklaver	la
Moerasstruisgras	la
Moeraswalstro	o
Pijpenstrootje	f
Pitrus	lf
Rood zwenkgras	lf
Schapenzuring	lf
Schermhavikskruid	lf
Scherpe boterbloem	o
Sint-janskruid	o

Slanke sleutelbloem	r
Smalle weegbree	o
Spaanse ruiter	lf
Stekelbrem	lf
Sterzegge	f
Stijf havikskruid	r
Struikhei	lf
Tandjesgras	f
Tormentil	la
Trekrus	o
Veelbloemige veldbies	lf
Vlozegge	o
Welriekende nachtorchis	lf
Zeegroene zegge	lf
Zilverschoon	lf
Zomprus	o

Tabel 17

Korenburgerveen I	
Bevertjes	lf
Biezenknoppen	o
Blauwe knoop	f
Blauwe zegge	la
Borstelgras	lf
Echte koekoeksbloem	lf
Egelboterbloem	lf
Geelgroene zegge	r
Gestreepte witbol	lf
Gevlekte orchis	f
Gewone brunel	lf
Gewone dophei	la
Gewone hoornbloem	lf
Gewone margriet	o
Gewone rolklaver	o
Gewone waterbies	lf
Gewone waternavel	lf
Gewoon reukgras	f
Gewoon struisgras	lf
Grasmuur	lf
Grote ratelaar	f
Grote wederik	lf
Heidekartelblad	lf
Hengel	lf
Hennegras	lf
Kale jonker	lf
Kamgras	lf
Kantig hertshooi	lf
Kleine klaver	o
Kleine valeriaan	o
Kleine zonnedauw	r
Kleine zonnedauw	r
Knolrus	lf
Knoopkruid	lf
Koningsvaren	r
Kruipend zenegroen	lf
Kruipende boterbloem	r
Kruipwilg	o
Liggende vleugeltjesbloem	lf
Melkeppe	o
Moeraskartelblad	lf
Moeraskartelblad	lf
Moerasrolklaver	f
Moerasstruisgras	f

Moerasvergeet-mij-nietje	r
Moerasviooltje	lf
Moerasviooltje	o
Moeraswalstro	lf
Parnassia	r
Peen	r
Pijpenstrootje	la
Pitrus	r
Rode klaver	lf
Rood zwenkgras	f
Ruw walstro	lf
Schermhavikskruid	r
Scherpe boterbloem	lf
Sint-janskruid	o
Smalle weegbree	la
Snavelzegge	o
Stekelbrem	r
Sterzegge	lf
Stijf havikskruid	o
Struikhei	lf
Tandjesgras	la
Tormentil	f
Trekrus	o
Veelbloemige veldbies	lf
Veenmos	la
Veenpluis	lf
Veldrus	la
Veldzuring	lf
Wateraardbei	lf
Waterdrieblad	lf
Watermunt	lf
Welriekende nachtorchis	o
Wilde bertram	lf
Witte klaver	lf
Zeegroene muur	lf
Zompzegge	o
Zwarte zegge	lf

Tabel 18

Korenburgerveen II	
Blauwe knoop	lf
Blauwe zegge	lf
Bochtige smele	lf
Echte koekoeksbloem	o
Egelboterbloem	o
Gestreepte witbol	o
Gevlekte orchis	o
Gewone brunel	r
Gewone dophei	lf
Gewone veldbies	lf
Gewone waternavel	lf
Gewoon biggenkruid	r
Gewoon reukgras	f
Grasmuur	o
Grote boterbloem	r
Grote wederik	o
Heidekartelblad	f
Hennegras	o
Kale jonker	o
Kantig hertshooi	r
Kruipende boterbloem	o
Liggende vleugeltjesbloem	lf
Melkeppe	o
Moerasbasterdwederik	r
Moeraskartelblad	o
Moerasrolklaver	o
Moerasstruisgras	lf
Moerasvergeet-mij-nietje	r
Moerasviooltje	o
Moerasviooltje	o
Moeraswalstro	o
Moeraswalstro	lf
Pijpenstrootje	a
Pilzegge	o
Pitrus	o
Riet	o
Rood zwenkgras	lf
Ruw walstro	o
Schapenzuring	r
Scherpe boterbloem	r
Sterzegge	lf
Struikhei	r
Tandjesgras	f
Tormentil	a

Veenmos	la
Veldrus	lf
Veldzuring	o
Watermunt	r
Witte klaver	r
Zeegroene muur	o
Zwarte zegge	lf

Tabel 19

Kienveen	
Alpenrus	o
Biezenknoppen	lf
Blaaszegge	o
Blauwe zegge	a
Blonde zegge	r
Bochtige smele	r
Bruine snavelbies	lf
Draadzegge	o
Dwergvlas	r
Egelboterbloem	lf
Egelboterbloem	lf
Fijn schapengras	lf
Geelgroene zegge	lf
Gevlekte orchis	lf
Gewone dophei	f
Gewone waterbies	lf
Gewone waternavel	lf
Heidekartelblad	r
Heidemelkviooltje	o
Hennegras	lf
Kleine zonnedauw	lf
Klokjesgentiaan	o
Moerashertshooi	r
Moerasstruisgras	f
Moerasviooltje	o
Moeraswalstro	lf
Moeraswespenorchis	o
Moeraswolfsklauw	o
Oeverkruid	r
Parnassia	r
Pijpenstrootje	a
Pilzegge	o
Pitrus	lf
Riet	lf
Schildereprijs	o
Stijve zegge	o
Struikhei	lf
Tormentil	a
Trekrus	lf
Veelbloemige veldbies	o
Veelstengelige waterbies	o
Veldrus	lf
Vetblad	lf
Waterpunge	r

Zwarte zegge	f

Tabel 20

Staverdense Leemputten	
Addertong	r
Akkerdistel	o
Beenbreek	lf
Blauwe knoop	ld
Blauwe zegge	la
Bleeksporig bosviooltje	r
Blonde zegge	o
Bochtige smele	o
Borstelgras	o
Bruine snavelbies	lf
Duizendblad	r
Dwergvlas	r
Fraai hertshooi	o
Geelgroene zegge	o
Geelhartje	lf
Gevlekte orchis	o
Gewone brunel	o
Gewone dophei	a
Gewone hoornbloem	o
Gewone veldbies	o
Gewone vleugeltjesbloem	r
Gewone waternavel	o
Gewoon biggenkruid	lf
Gewoon struisgras	a
Grasklokje	r
Grote ratelaar	o
Heidekartelblad	lf
Jacobskruiskruid	o
Kale jonker	o
Kleine leeuwentand	lf
Kleine zonnedauw	o
Klokjesgentiaan	lf
Knollathyrus	r
Knoopkruid	r
Kruipbrem	r
Kruipwilg	o
Liggende vleugeltjesbloem	lf
Moerasrolklaver	o
Moeraswalstro	o
Moeraswespenorchis	r
Moeraswolfsklauw	o
Paardenbloem	o
Parnassia	r
Pijpenstrootje	ld

Riet	lf
Rode klaver	r
Ronde zonnedauw	r
Schermhavikskruid	o
Smalle weegbree	o
Stekelbrem	lf
Sterzegge	o
Stijve ogentroost	lf
Struikhei	la
Tandjesgras	f
Tormentil	f
Veelbloemige veldbies	o
Veenbies	o
Veldrus	lf
Vlozegge	o
Welriekende nachtorchis	r
Wilde bertram	r
Witte klaver	r
Witte snavelbies	o
Wolfspoot	r
Zeegroene zegge	r

Bijlage 3 Potentiële locaties voor monitoring in fase II

De volgende percelen lijken op grond van de selectiecriteria het meest geschikt om mee te nemen in de monitoring van vijf percelen in fase II. De nummering verwijst naar de nummering van de percelen in fase I. Bijgevoegd kaarten waarop de genoemde percelen staan.

- nr 54 Havelterberg: droog heischraal grasland, 2020 ingericht, maaisel van Grote en Kleine startbaan gebruikt; P-Olsen na verwachting nog iets te hoog; circa 0,6 ha

- nr 47 Dwingelderveld: droog en vochtig heischraal grasland, 2020 ingericht, maaisel van Grote en Kleine startbaan gebruikt; P-Olsen na verwachting nog iets te hoog; circa 3,7 ha

- nr 5 Borkeld: droog heischraal grasland, 2017 ingericht (of 2009?), maaisel van Borkeld Leemkuilen, goede abiotische kwaliteit, circa 0,4 ha (heischrale deel van perceel)

- nr 6 Borkeld: droog heischraal grasland, 2017 ingericht (of 2009?), maaisel van Borkeld Leemkuilen, goede abiotische kwaliteit, circa 0,8 ha (heischrale deel van perceel)

- nr 144 Korenbugerveen: vochtig heischraal grasland, 2020 ingericht, maaisel van Korenburgerveen, goede abiotische kwaliteit, circa 1,7 ha

- nr 145 Korenbugerveen: vochtig heischraal grasland, 2020 ingericht, maaisel van Korenburgerveen, goede abiotische kwaliteit, circa 1,7 ha

- nrs 99 t/m 109 Wooldse veen: vochtig heischraal grasland, 2020 ingericht, maaisel van Korenburgerveen en Willinks Weust, goede abiotische kwaliteit varierend van 0,6 tot 1,7 ha

- nrs 121 Beeklviet, waarschijnlijk droog heischraal grasland, inrichting gepland 15 juli 2021 met maaisel via maaiselplan uit Stelkampsveld, goede abiotische kwaliteit, circa 0,4 ha,

- nr 22 Dwingelderveld: droog heischraal grasland, inrichting 2020, maaisel via maaiselplan 2021, goede abiotische kwaliteit, circa 8,6 ha

- nr 167 Manderheide: droog heischraal grasland inrichting 2020, maaisel via maaiselplan 2021, goede abiotische kwaliteit, circa 1,7 ha. Dit perceel is alleen geschikt als er geen maaisel wordt gebruikt uit terreinen die niet als donorsite zijn onderzocht.

- nrs 94 t/m 98 of 148 Willinks Weust: droog heischraal grasland inrichting 2020, maaisel via hun eigen maaiselplan 2021 uit Willinks Weust , goede abiotische kwaliteit, circa 0,8 - 2,5 ha

- nr 7 De Borkeld: droog heischraal grasland, al in 2005 ingericht, mogelijk nog niet dichtgegroeid en dan mogelijk maaisel uit het maaiselplan, goede abiotische kwaliteit, heischrale deel perceel circa 0,4 ha

www.b-ware.eu

Bodemonderzoek, vegetatieontwikkeling & medegebruik in De Drie Polders

Definitief

Colofon

Tekst, foto's en samenstelling	5.1.2e en 5.1.2e
In opdracht van	Staatsbosbeheer (Groningen)
Naam opdrachtgever	5.1.2e & 5.1.2e
Rapportnummer	2021-01
Status rapport	Definitief
Datum oplevering rapport	05 oktober 2022
Aantal pagina's	128
Collegiale toets	5.1.2e
Wijze van citeren	5.1.2e & 5.1.2e 2022. Bodemonderzoek, vegetatieontwikkeling & medegebruik in De Driepolders. Rapport 2021-01, Groeibalans Bedrijfsecologie, Zundert

Adviesloket Bodem en Natuur
info@bodemennatuur.nl
www.bodemennatuur.nl

GroeiBalans
5.1.2e@groeibalans.nl
www.groeibalans.nl

Vlechtwerk
5.1.2e@gmail.com

Inhoudsopgave

1. Inleiding 5

1.1 Aanleiding 5

1.2 Doelstelling 5

2. Planvorming 7

2.1 Streefbeeld 7

2.2 Randvoorwaarden bij het ontwerp 7

2.3 Uitwerking en natuurdoelen 7

3. Onderzoeksmethodiek en interpretatie 9

3.1 Inleiding 9

3.2 SoilSmart Analysemethode 9

4. Interpretatie SoilSmart analyse 14

4.1 Inleiding 14

4.2 Monstername in De Driepolders 18

5. Beschrijving en Analyse per perceel 22

5.1 Algemene aandachtspunten 22

5.2 Referentie percelen 25

5.3 In te richten percelen 38

6 Bronnen 128

6.1 Literatuur 128

6.2 Websites 128

Bijlage 1. Potentie voor Vochtig hooiland op basis van GVG en GLG 129

Bijlage 2. Bemonsterde percelen 130

Bijlage 3. Voorbeelden Chroma's 132

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

In het Zuidelijk Westerkwartier wordt ca. 2.100 ha nieuwe natuur aangelegd om het Natuurnetwerk Nederland (NNN) in de provincie Groningen te versterken. Bij de inrichting van een groot deel van het netwerk is er ook sprake van een waterbergingsopgave. Er zijn drie gebieden aangewezen voor de gecombineerde functie (natuur & waterberging), waarvan De Drie Polders er één is. Inmiddels is hiervoor een inrichtingsplan gemaakt en in uitvoering (Gebiedscommissie Zuidelijk Westerkwartier, 2018).

Binnen het inrichtingsplan wordt ingezet op het realiseren van 'natte natuur', waarbij Staatsbosbeheer streeft naar kruiden- en bloemrijke graslandtypen onder vochtige tot (zeer) natte omstandigheden (SNL-beheertypen: N10.02 Vochtig hooiland, N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland, N12.04 Zilt- en overstromingsgrasland).

1.2 Doelstelling

Het doel van het voorliggende onderzoek is om de huidige chemische en van een aantal percelen biologische toestand van de bodem vast te stellen, zodat in beeld wordt gebracht welke potenties de doelpercelen hebben en welke belemmeringen er zijn die een soortenrijke ontwikkeling van de vegetatie in de weg staan. De verkregen meetwaarden van doelpercelen worden naast de meetwaarden van de referentiepercelen gelegd. De referentie percelen zijn percelen met gewenste vegetatietypen. Op deze manier wordt helder gemaakt waar de verschillen liggen tussen de percelen en welke maatregelen noodzakelijk zijn om de doelpercelen richting de referenties te laten ontwikkelen. De praktische adviezen die hieruit volgen kunnen betrekking hebben op bemesting, peilbeheer, toediening van mineralen, beheeradviezen of een combinatie daarvan. Het advies wordt verstrekt voor maatregelen voor de komende drie jaar. Zie ook de gebiedsafbeelding op de volgende pagina.

Gebiedsafbeelding met ligging van De Driepolders (licht groen) in het Natuurnetwerk Nederland, waarbinnen ook het N2000 gebied Leekstermeer ligt (Geel). De rode percelen binnen De Driepolders en daarbuiten zijn de referentiepercelen die binnen dit project zijn aangewezen.

2. Planvorming

2.1 Streefbeeld

Het streefbeeld bij het ontwerp zijn hieronder beknopt weergegeven. Aan de hand van deze streefbeelden aangevuld met de randvoorwaarden uit het project is het inrichtingsplan vormgegeven (afbeelding 1) (Bron: https://www.zuidelijkwesterkwartier.nl/).

Streefbeelden

- Overwegend een open gebied met vochtige graslanden waarvan grote delen in de winterperiode plas/dras staan. Het gebied wordt doorsneden door een uitgebreid stelsel van sloten.
- Het plangebied gaat een belangrijk leefgebied vormen voor soorten van vochtige graslanden zoals watersnip, wulp, slobeend, zomertaling, rietzanger en blauwborst. De graslanden en sloten zijn leefgebied van waterspitsmuis en grote modderkruiper.
- Er is sprake van een fijnmazig mozaïek van diverse graslandtypen en schraallanden (hoog/laag, dichte/open vegetatie). Beweiding kan in het mozaïek een vegetatiestructuur een rol spelen, eventueel aangevuld met maaibeheer.
- Vegetatie is relatief open en kruidenrijk.
- Gewasproductie komt laat op gang door hoge grondwaterstanden in het voorjaar.
- Watergangen zijn voorzien van brede, natuurvriendelijke oevers of moerasstroken.

2.2 Randvoorwaarden bij het ontwerp

Randvoorwaarden bij het ontwerp

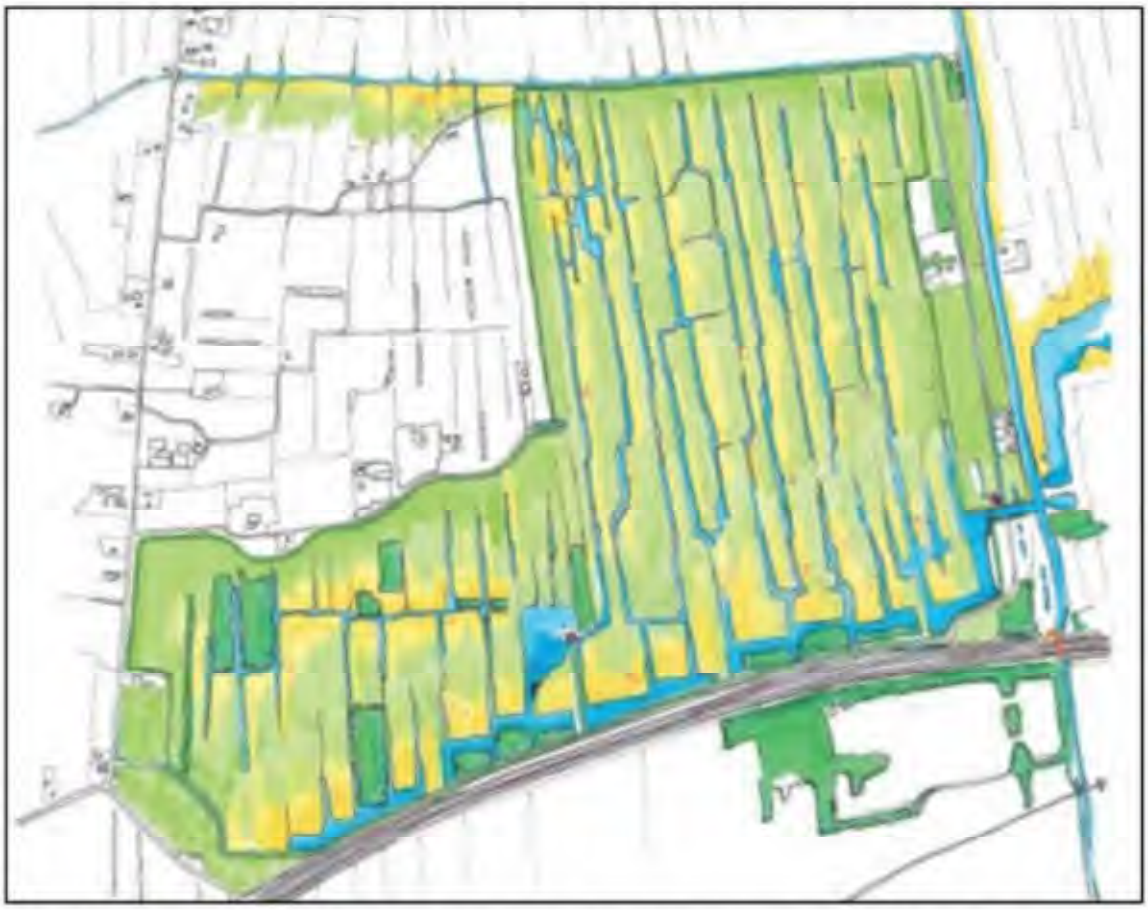
- Bergingsopgave 1.200.000 m3 water;
- Inzet gemiddeld 1x per 25 jaar;
- Water moet voor langere tijd vastgehouden kunnen worden;
- De natuurdoelen vragen om hoge voorjaars grondwaterstanden (GVG);

2.3 Uitwerking en natuurdoelen

Inmiddels is half 2021 de omvangrijke herinrichting met de aanleg van kades stuwen en in- en uitlaten grotendeels uitgevoerd. De planning is dat de komende 5 jaar het waterpeil in het gebied in stapjes van 13 cm omhoog gebracht wordt, waarbij er in de zomer een drooglegging van 40-50 cm beneden maaiveld nagestreefd wordt. Dit zal leiden tot andere a-biotische omstandigheden (natter, verminderde draagkracht van de bodem) en daardoor ook een extensivering van het landgebruik. Dit moet kansen bieden voor een

hogere diversiteit aan planten en dieren (insecten), waarbij verruiging voorkomen dient te worden. De wens van Staatsbosbeheer is om het beheer van de Driepolders gezamenlijk met agrariërs uit de omgeving vorm te geven, waarbij de gestelde natuurdoelen leidend zijn. Deze (natuur)doelen zijn:

- Staatsbosbeheer streeft in de graslandpercelen naar kruiden- en bloemrijke graslandtypen onder vochtige tot (zeer) natte omstandigheden (SNL-beheertypen: N10.02 Vochtig hooiland, N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland, N12.04 Zilt- en overstromingsgrasland). Dit zijn dus niet persé schraallandtypen.
- Bij vernatting op zand- en veenbodems ligt sterke verruiging met Pitrus op de loer. Het doel is om deze fase te voorkomen.
- Het beheer van de graslanden wordt door boeren in opdracht van Staatsbosbeheer uitgevoerd (moeras, ruigte en bostypen beheert Staatsbosbeheer zelf).



Afbeelding 1: Inrichtingsplan Voorkeursalternatief, inclusief variant wateraan- en afvoer aan de zuidzijde, variant A voor de zone langs het Lettelberterdiep en EVZ De Driepolders en Pasop. Bron: Gebiedscommissie Zuidelijk Westerkwartier, 2018.

3. Onderzoeksmethodiek en interpretatie

3.1 Inleiding

Om inzichtelijk te krijgen welke natuurdoelen waar gerealiseerd kunnen worden is de bodem chemisch en biologisch geanalyseerd. Binnen dit onderzoek maken we gebruik van de Albrechtmethode, bij een 6-tal monsters aangevuld met een chromabeschrijving en de Nova Bioscan. Deze 6 monsters hebben dus een volledige soil smart analyse.

3.2 SoilSmart Analysemethode

Binnen dit onderzoek is voor 6 percelen gebruik gemaakt van de SoilSmart analysemethode. Deze methode bestaat uit drie losse analyses, te weten de Bodem Balans Analyse (BBA), Nova Bioscan en Chroma analyse, die samen een compleet beeld geven van de toestand van de bodem. Nadat het protocol voor het bemonsteren is beschreven, worden in dit hoofdstuk de drie onderdelen van SoilSmart nader toegelicht. Deze toelichting geeft de basisprincipes weer voor de drie analyses zoals deze ook worden toegepast in de landbouw. In dit rapport wordt advies gegeven voor natuurpercelen. De referentiepercelen zijn hierbij bepalend voor de juiste balans van het betreffende natuurdoeltype. Elke doelvegetatie heeft een andere balans.

3.2.1 Monstername binnen SoilSmart

De bemonstering wordt op een standaardwijze (protocol) uitgevoerd. Van elk perceel wordt met een Eijkelkamp guts van 20 centimeter lang en ∅16mm, bodemmateriaal verzameld. Elke steek bevat grond van 0 tot -20 cm ten opzichte van het maaiveld. Er wordt gewerkt met een frequentie van gemiddeld 40 steken per hectare. De op deze manier verzamelde grond wordt gemengd in een emmer (mengmonster) en hiervan worden monsters van 1 liter opgestuurd naar het laboratorium.

Bodemmonsters steken is, vergelijkbaar met een vegetatieopname, een selectief proces waarbij een zo homogeen mogelijk bemonsteringsvlak wordt gekozen afhankelijk van de opdracht en op basis van *expert judgement*. Binnen dit project zijn de randen van de percelen langs de sloten niet bemonsterd, aangezien deze plekken veelal afwijken van de rest van het perceel. Voorts zijn hier plannen om veel natuurvriendelijke oevers aan te leggen, waardoor de toplaag toch vergraven zou worden.

3.2.2 BodemBalans Analyse

De bodembalans-analyse is gebaseerd op de Albrecht-methode en geeft inzicht in de verhoudingen van mineralen en sporenelementen zoals deze in de bodem voorkomen. William Albrecht, een Amerikaanse bodemdeskundige, heeft in de eerste helft van de 20e eeuw een eigen visie op bodemvruchtbaarheid ontwikkeld (Albrecht 1975). De Albrecht-methode kijkt niet alleen naar de absolute hoeveelheden van elementen in de bodem, maar kijkt juist ook naar de verhouding tussen de elementen. Als een bepaald element in hoge concentraties in de bodem voorkomt, kan dat de opname van andere elementen door de plant verhinderen, of juist bevorderen. Er is dan sprake van een onbalans. Een bodem die niet in balans is,

kan de plant onvoldoende voeden, mede doordat de opname van sporenelementen wordt bemoeilijkt. Alleen wanneer de verhoudingen van de elementen calcium, magnesium, kalium en fosfor in balans zijn, is de plant in staat goed sporenelementen op te nemen. De balans wordt mede bepaald aan de hand van de CEC en TEC (zie hoofdstuk 4 voor nadere uitleg). De CEC, het uitwisselingscomplex, bepaalt de capaciteit van de bodem om voedingsstoffen te binden en vast te houden. De verhouding waarin de belangrijkste kationen op het uitwisselingscomplex voorkomen is bovendien een belangrijke factor voor de bodemstructuur en het zuurbufferend vermogen van de bodem.

In het laboratorium wordt een bodemmonster met behulp van verschillende extractiemethodes geanalyseerd zodat de absolute voorraad aan nutriënten en sporenelementen in de bodem kan worden bepaald. Met de zogenaamde Mehlich-3 extractie worden de concentraties fosfaat, calcium, magnesium, kalium, natrium en de meeste sporenelementen bepaald (Gregorich & Carter 2006). De Mehlich-3 extractie methode is een gangbare en veel gebruikte zuurextractie waarbij in een keer een groot aantal concentraties van elementen in een bodemmonster in kaart kan worden gebracht.

Een bodem bestaat uit drie verschillende fracties waarin chemische elementen voorkomen; de inerte, reactieve en beschikbare fractie. De inerte fractie wordt gevormd door elementen die zitten "opgesloten" in kristalroosters, stabiele organische stof en sterke absorptiecomplexen. De reactieve fractie bestaat voornamelijk uit ionen die zijn geadsorbeerd aan bodemdeeltjes in vaste fase en makkelijk oplosbare zouten en mineralen. De beschikbare fractie bestaat voornamelijk uit elementen die zijn opgelost in het bodemvocht. Chemische extracties, zo ook Mehlich-3 en de overige extracties die bij de bodembalans analyse worden toegepast, zijn ontworpen om een representatieve afspiegeling te geven van de verschillende fracties in de bodem.

De meeste extractiemethodes correleren in meer of mindere mate met elkaar. Mehlich-3 is in verschillende studies vergeleken met andere extractiemethodes (Gregorich & Carter 2006). Voor wat betreft fosfaat is de Mehlich-3 extractie bijvoorbeeld vergeleken met P-Olsen. Uit onderzoek van de Iowa State University komt een sterke correlatie tussen Mehlich-3 en P-Olsen naar voren van R = 0,92 bij een pH-H_2O lager dan 7,4 (Mallarino 1997).

Mehlich 3 kan niet alle elementen goed bepalen. Daarom worden er aanvullende extracties uitgevoerd. Ook dit zijn gangbare en veel toegepaste extractiemethodes. Met behulp van een KCl oplossing wordt de aluminium concentratie bepaald, met azijnzuur het gehalte silicium en met pentetinezuur (DTPA) de concentraties molybdeen en kobalt.

Naast het vaststellen van de absolute hoeveelheden elementen in de bodem, worden de CEC en TEC bepaald. De CEC (*Cation Exchange Capacity*), oftewel de kationenuitwisselingscapaciteit, is het vermogen van de bodem om positief geladen ionen te absorberen en uit te wisselen met de bodemoplossing. Kleideeltjes en organische stof hebben negatief geladen oppervlakken die positief geladen ionen (kationen) aantrekken. De kationen die op deze manier in de bodem worden vastgehouden, zijn niet alleen belangrijk als voedingsstof voor de plant maar bepalen ook mede het zuurbufferende vermogen van de bodem, het vermogen van de plant om voedingsstoffen op te nemen en de structuur van de bodem. Er bestaan van nature "zware" en "lichte" bodems, die respectievelijk een grote en kleine CEC bezitten. Bodems met een

groot aandeel klei en/of organische stof hebben veel oppervlakken waar kationen aan geadsorbeerd kunnen worden en worden daardoor zware bodems genoemd. Zandbodems zijn opgebouwd uit grotere bodemdeeltjes die niet negatief geladen zijn en hebben daardoor veel minder adsorptie capaciteit. Zandbodems worden logischerwijs lichte bodems genoemd. De concentraties van de belangrijkste kationen, calcium, magnesium, kalium, natrium, aluminium en waterstof, worden bij elkaar opgeteld en bepalen samen de CEC. Hiervoor moet wel ook de TEC worden bepaald, zodat bekend wordt hoe groot het aandeel waterstof ionen op het uitwisselingscomplex is.

De TEC (*Total Exchange Capacity*), oftewel de totalen uitwisselingscapaciteit, ook wel gebufferde CEC genoemd, is een maat voor de potentiële hoeveelheid kationen die in de bodem aan het uitwisselingscomplex kunnen worden geadsorbeerd. Calcium, magnesium, kalium, natrium, aluminium en waterstof zijn de belangrijkste kationen in de bodem. Bij de bepaling van de gebufferde CEC wordt de pHwater van het monster naar 8,1 gebracht en wordt het totaal aantal adsorbtieplaatsen gemeten door eerst het monster te verzadigen met barium en vervolgens een magnesiumsulfaatoplossing toe te voegen. De magnesium adsorbeert aan het uitwisselingscomplex en de sulfaat bindt aan barium. Het concentratieverschil tussen het toegevoegde en teruggevonden magnesium bepaalt de waarde van de TEC. Door de TEC en de CEC naast elkaar te leggen wordt bepaald hoeveel H^+ op het uitwisselingscomplex vastzit. Een belangrijk onderdeel van de Albrecht methode en de bodembalans analyse is het berekenen van het percentage die de verschillende kationen uitmaken van de totale CEC bezetting. De verhoudingen tussen de kationen zijn belangrijk voor de toestand van de bodem, zoals in hoofdstuk 4 en ook bij de behandeling van de individuele percelen zal blijken.

Tot slot wordt in de bodembalans-analyse ook het organische stof gehalte bepaald door een deel van het monster te verhitten tot 360 graden Celsius na het eerst 24 uur te hebben gedroogd bij 43 graden. Het verschil in gewicht (gloeiverlies) van het monster voor en na verhitting bepaalt de concentratie organische stof. Ook wordt de pH H_2O van de bodemoplossing gemeten. De pH is dus pH H_2O.

Als eenheid wordt kilogram per hectare (kg/ha) aangehouden. Voor de uitvoering van de geadviseerde maatregelen is dit een praktische maatvoering omdat van hieruit de hoeveelheden mineralengiften eenvoudig berekend kunnen worden.

3.2.3 Nova-Bioscan

Met een Nova-Bioscan wordt de toestand van het bodemleven in een bodem bepaald. De Bioscan is gebaseerd op het werk van de Amerikaanse bodembioloog Elaine Ingham. Ingham heeft in de jaren '80 een techniek ontwikkeld om het bodemleven in kaart te brengen (www.soilfoodweb.com). De bioscan is op deze techniek gebaseerd en door het bedrijf Horti Nova verder doorontwikkeld.

Van een mengmonster wordt volgens een vast protocol een klein volume bodemmateriaal opgelost in water en gedurende een vaste tijd geschud. Vervolgens worden er zes druppels uit het opgeloste monster op een glaasje geplaatst. Deze worden bij een standaard vergroting onder een microscoop bekeken en geplot. In willekeurige stukjes binnen een druppel wordt de aanwezigheid van 50 parameters vastgelegd. Deze parameters bestaan voor een deel uit soorten bodemleven die indicatief zijn voor de hoofdgroepen. Van een aantal belangrijke groepen binnen het bodemleven; bacteriën, schimmels, protozoa en nematoden, wordt

op deze manier de aanwezigheid en diversiteit bepaald en voorzien van een "score" op een schaal van 0-6. Deze score is een beoordeling van de kwaliteit van de bodem op basis van een vast referentiebeeld.

Het bodemleven speelt een belangrijke rol in de opname van mineralen door de plant, de opbouw van de bodemstructuur en de afbraak en omzetting van organisch materiaal. Het voorkomen en de diversiteit van de verschillende groepen organismen vertelt iets over de kwaliteit van de bodem en de vertering die in de bodem plaatsvindt. De aanwezigheid en diversiteit van de in de biocsan onderzochte soortgroepen, geeft informatie over de vertering en de gezondheid van de bodem (zie hoofdstuk 4). Zo kan een tekort aan nematoden duiden op structuur problemen van de bodem. Nematoden maken gebruik van de ruimte tussen bodemdeeltjes om zich te kunnen bewegen. In een bodem met onvoldoende structuur, ondervinden de nematoden problemen bij het verplaatsen. Deze bodems bevatten hierdoor weinig van deze bodemorganismen, hetgeen doorwerkt in het hele bodemecosysteem. De aanwezigheid van schimmels zorgt ervoor dat mineralen in de bodem vast worden gehouden en voor planten beschikbaar zijn. Een gebrek aan schimmels leidt tot uitspoeling van mineralen en tekorten voor de plant. Schimmels zijn verantwoordelijk voor de beschikbaarheid van mineralen voor de plant, doordat de anorganische mineralen worden "ingepakt" in de organische wereld Bacteriën spelen op hun beurt een belangrijke rol in de omzetting van organische verbindingen. Bacteriën vormen de hoofdgroep voor wat betreft de vertering en zijn daarmee erg belangrijk bij het ontstaan van nieuwe organische verbindingen. Protozoa spelen onder andere een belangrijke rol bij de omzetting van nitraat in eiwit gebonden vormen van stikstof, waaronder ammonium. Over het algemeen kan gesteld worden dat de zuurstofrijke organismen in het bovenste deel van de bioscan de plant ondersteunende organismen zijn die gestimuleerd moeten worden voor een diverse vegetatie. De zuurstofarme groepen in het tweede deel van de bioscan zijn juist de bedreigende, vaak parasitaire en ziekteverwekkende organismen die niet gunstig zijn voor de vegetatieontwikkeling.

3.2.4 Chroma-analyse

Een chroma analyse is een techniek waarbij een fotografisch beeld van de bodem wordt gemaakt met behulp van een filtreerpapier en zilvernitraat (zie bijlage 3 voor een voorbeeld van een chroma). Een bodemmonster wordt volgens een vast protocol opgelost in een natronloog oplossing en vanuit het midden uitgevloeid over een van te voren met zilvernitraat geprepareerd rond filtreerpapier. Onder de invloed van licht kleurt het zilvernitraat in reactie met de stoffen uit het bodemmonster, vergelijkbaar met een fotoafdruk, in een bepaald patroon van donkere en lichte tinten. Een chroma bestaat uit 4 zones (van buiten naar binnen), waarbij elke zone afzonderlijk, alsook de overgangen en interacties tussen de zones, informatie geeft over de gesteldheid van de bodem. De samenhang en interacties tussen de bodembiologie, organische stof en mineralen wordt in één beeld gevat. Hieronder volgt een beschrijving van de verschillende zones.

Centrale zone: De vierde en centrale zonde geeft een beeld van de algemene bodemvruchtbaarheid. De centrale zone is wit van kleur wanneer er sprake is van een vruchtbare bodem. Is deze bruin of donker van kleur, dan is de bodemgesteldheid verstoord. Een lichtgekleurde of witte centrale zone laat zien dat het zilvernitraat niet gereageerd heeft met de metalen, sporenelementen en mineralen die vrij in de bodemoplossing zitten. Wanneer de mineralen goed gebonden zitten aan de organische stof dan vloeien de mineralen met het (lichter van gewicht zijnde) organisch materiaal mee naar de buitenkant van het het infiltreerpapier. Het centrum blijft in dit geval licht van kleur. Een donkere centrale zone in een chroma

laat zien dat de mineralen niet goed gebonden zijn aan de organische stof waardoor deze dicht bij het uitvloeipunt tot stilstand komen.

Binnenste zone: De derde of binnenste zone toont de mate van doorluchting en het vochtvasthoudend vermogen van de bodem. Hiermee wordt de structuur bedoeld die door bodemorganismen wordt opgebouwd. In een aerobe bodem, met een voldoende open structuur, zijn duidelijke radiaallijnen aanwezig. Dit zijn lijnen die vanuit het midden van het chroma naar buiten lopen. Als deze lijnen niet aanwezig zijn, is de doorluchting van de grond en het vochtvasthoudend vermogen minder groot en zal de bodem waarschijnlijk verdicht zijn.

Middelste zone: De tweede of middelste zone schetst een beeld van het bodemleven en de activiteit hiervan. De rand van deze tweede zone is bij een gezonde bodem stekelig en breed. Is deze rand smal en zonder scherpe tanden, dan is het bodemleven matig ontwikkeld.

Buitenste zone: De eerste en buitenste zone geeft de toestand van organische stof weer. Wanneer er sprake is van jonge humus, bestaande uit aminozuren, enzymen en eiwitten die recent is gevormd door het bodemleven uit koolstof en mineralen, dan is de rand lichtbruin of beige van kleur en heeft een typische "wolkjes" structuur. Verse, niet omgezette of al geoxideerde organische stof uit zich in een donkerbruine rand in deze zone.

4. Interpretatie SoilSmart analyse

4.1 Inleiding

De gegevens die voortkomen uit de SoilSmart analyse vormen de basis voor de interpretatie van de bodem en de vegetatie. De combinatie van chroma, bioscan en bodembalans analyse leidt tot inzicht in de huidige toestand van de bodem en de mechanismes die het bodemecosysteem en daarmee de vegetatie beïnvloeden. Potentiële problemen komen op basis van de SoilSmart analyse aan het licht en oplossingsrichtingen dienen zich aan.

Bij de interpretatie en het advies wordt gebruik gemaakt van een aantal basisideeën en uitgangspunten. Hieronder zullen deze nader worden toegelicht.

4.1.1 Gezonde bodem

We gaan bij het interpreteren van bodems en vegetaties uit van het basisidee van een gezonde bodem. Een gezonde bodem is een bodem die in balans is, waarin het bodemleven, samen met de bodemchemie, een complex systeem van interacties vormt met de vegetatie (zie afbeelding 2). In een bodem die in balans is zal de vegetatie zich op een gezonde manier ontwikkelen, passend bij een bepaald ecosysteem. Een bodem in balans is een organisch diverse bodem met een passende bodemstructuur die in staat is om voldoende voedingsstoffen en water te leveren. Ook bezit deze weerbaarheid en veerkracht tegen invloeden van buitenaf.

Welke balans een bepaalde bodem tot een gezonde bodem maakt, is voor elk type bodem en vegetatietype anders. Een heischraal grasland (*Violion caninae*) heeft een andere chemische en biologische samenstelling dan een voedselrijk bos. Natuurlijke bodemsystemen hebben vanuit de landbouw gezien vaak een 'onbalans'. Deze situatie is voor bepaalde natuurlijke vegetatietypen juist een balans waarin ze optimaal tot ontwikkeling komen. In hoeverre sprake is van een gezonde vitale bodem, is afhankelijk van vele factoren. Van invloed zijn onder andere het succesiestadium en daaraan gerelateerd het gevoerde beheer, gebruik in het verleden, alsook invloeden van buitenaf zoals stikstofdepositie.

Afbeelding 2. De wederkerige relatie tussen bodemleven, chemie en vegetatie/koolstof. Ieder onderdeel beïnvloedt de twee andere onderdelen van de driehoek.

4.1.2 Bodembiologie

Bodembiologie, het levende deel van de bodem, is de basis van het bodemecosysteem. Zonder biologie geen systeem. Zonder bodemleven zouden er zelfs helemaal geen planten groeien. Het bodemleven is de regisseur van het bodemecosysteem. Het bodemleven levert nutriënten aan de plant en heeft daarmee grote invloed op de vegetatie. Uitgangspunt is dat de sturende rol van het bodemleven veel belangrijker is dan die van de bodemchemie. Het organische, levende deel van de bodem bepaalt in grote lijnen hoe het systeem werkt en welke vegetatie er groeit. Hieruit volgt dat wanneer de bodembiologie is verstoord, er problemen ontstaan. Overbemesting met drijfmest en kunstmest leidt er bijvoorbeeld toe dat het bodemleven afsterft. Hierdoor spoelen mineralen uit de bodem, doordat deze niet langer worden vastgehouden door het bodemleven. Deze en andere problemen in de bodem worden zichtbaar boven de grond in de samenstelling van de vegetatie en onder de grond als onbalans in de bodemwaardes, zoals tekorten aan sporenelementen en een lage diversiteit en/of aantallen van bepaalde soortgroepen van het bodemleven.

Een sterke focus op alleen de relatie tussen vegetatie en chemie, zoals in het natuurbeheer in Nederland gebruikelijk is, leidt tot een eenzijdig beeld van de problematiek die in natuurgebieden speelt. Wanneer voornamelijk de elementen stikstof, fosfor en kali in ogenschouw worden genomen, is er in veel graslanden bijvoorbeeld sprake van een overbemeste grond die verschraald dient te worden door middel van afgraven van de bovenlaag of door de bodem uit te mijnen. Onze visie is dat er in deze graslanden meer speelt dan alleen overschotten van bepaalde elementen. Wanneer het systeem als geheel wordt bekeken, is er vaak juist sprake van een uitgemergelde bodem, gekenmerkt door een weinig divers bodemleven en een onbalans in de mineralenhuishouding. In plaats van een uit balans zijnde bodem nog verder in onbalans te brengen door mineralen en bodemleven af te voeren, is er een alternatieve route naar een gezonde, diverse bodem met een diverse vegetatie boven de grond. In plaats van te verschralen, is het mogelijk de balans van de bodem te herstellen door het aanvullen van tekorten en het stimuleren van het bodemleven.

Te lage diversiteit en/of te lage aantallen van de groepen bodemleven uit de Bioscan is indicatief voor een bodem uit balans. De vertering van organische stof hapert hierdoor vaak. Nutriënten worden niet goed omgezet en te weinig beschikbaar gemaakt voor de vegetatie. In de chroma analyses is dit ook terug te zien. De buitenste zone heeft in dit geval een donkerbruine kleur.

De onbalans in de bodem kan samenhangen met chemie, maar dit is vaak een gevolg van onvoldoende biologische activiteit van de juiste soort voor de gewenste vegetatie, waardoor nutriënten uitspoelen en verloren gaan voor de vegetatie. Ook negatieve invloeden van buitenaf (wieldruk, ploegen, stikstofdepositie, kunst- en drijfmest, etc.) hebben een sterke weerslag op het systeem en doet de vertering afnemen. De effecten hiervan kunnen lange tijd doorwerken.

Afwezigheid van protozoa (eencelligen) betekent bijvoorbeeld dat stikstof op een andere manier wordt omgezet en teveel stikstof voor de vegetatie beschikbaar komt in de vorm van nitraat. Afwezigheid van protozoa is dus een aanwijzing dat er onvoldoende stikstof wordt omgezet in organische producten. De stikstof blijft in de bodem aanwezig in de vorm van nitraat. Sommige plantensoorten, de zogenaamde nitraatopruimers, profiteren hiervan. Indicatorsoorten van een verhoogde nitraatconcentratie zijn brandnetel en Jacobskruiskruid, maar ook soorten als vogelmuur, straatgras, herderstasje en grassen als Engels raaigras

Als deze soorten in te grote aantallen domineren worden ze ook binnen het natuurbeheer als ongewenst ervaren

4.1.3 Diversiteit

In onze visie is er een directe relatie tussen biodiversiteit onder de grond en boven de grond. Lage hoeveelheden mineralen en bodemleven maken dat er boven de grond ook een lage diversiteit aan planten is. Een gezonde, organisch diverse bodem, daarentegen biedt de voorwaarden voor een diverse, veerkrachtige vegetatie. De heersende vegetatie is met andere woorden een afspiegeling van de toestand van de bodem. Een goed ontwikkeld schraal grasland hoeft dus voor wat betreft het bodemleven helemaal niet schraal te zijn. Chemische tekorten en overschotten en problemen rondom diversiteit van het bodemleven komen allemaal naar voren in de vegetatie boven de grond.

Het bodemecosysteem is in de klimatologische omstandigheden die in Nederland heersen, op weg naar een bos. Het systeem creëert daarbij de omstandigheden in de bodem en in de vegetatie die het mogelijk maken voor een bos om te groeien. Een groot aandeel nitraat bijvoorbeeld, wordt door de eerder genoemde nitraatopruimers opgenomen en het systeem wordt in de richting van organisch gebonden, ammonium stikstof gebracht, aangezien bomen sterk de voorkeur hebben voor deze vorm van stikstof. Met deze en vergelijkbare mechanismen is het systeem in een bepaalde fase in de successie naar bos en is het een afspiegeling van de huidige toestand van de bodem. De vegetatiesamenstelling is met andere woorden voor een aanzienlijk deel bepaald door onbalans in de bodem in de successie naar bos.

De aanwezigheid van verschillende soorten planten zijn duidelijke indicatoren van de toestand van de bodem en hebben een duidelijke rol in de successie van het systeem. Paardenbloemen zijn bijvoorbeeld een teken van een tekort aan beschikbaar calcium in de bodem. Met diepe, krachtige penwortels halen paardenbloemen calcium vanuit diepere bodemlagen naar boven en maken het daarmee beschikbaar voor het systeem. Ook plantensoorten die in het natuurbeheer als probleem worden gezien, hebben hiermee een functie in het in balans brengen van de bodem. Pitrus bijvoorbeeld duidt vanuit deze visie net als paardenbloem op een gebrek aan voor het systeem beschikbaar calcium, maar is ook vaak een gevolg van te snel veranderend hydrologisch beheer in een gecompacteerde bodem waardoor er enerzijds veel fosfaat mobiel wordt en tegelijkertijd het bodemleven een schok krijgt waarvan het maar langzaam hersteld.

4.1.4 Bodemparameters

De bodemparameters we meenemen in de interpretatie van de SoilSmart analyses zijn:

- De CEC. De grootte van de CEC wordt bekeken en vergeleken met de CEC van referentiepercelen. Een kleine CEC betekent bijvoorbeeld dat de bodem minder in staat is nutriënten vast te houden. Een kleine CEC, gecombineerd met een laag organisch stof gehalte leidt er ook toe dat de bodem minder in staat is vocht vast te houden en gevoeliger is voor droogte. Dit zegt dus iets over de potentie van beide percelen om hetzelfde type vegetatie te kunnen ontwikkelen. Als de CEC en het organisch stof gehalte erg ver uit elkaar liggen dan is het zeer onwaarschijnlijk dat dezelfde condities kunnen worden gecreëerd.

- De verhouding waartussen de elementen zich op het CEC bevinden en naar de verhoudingen van alle elementen ten opzichte tot de CEC. De balans (of onbalans) in mineralen is een aanduiding hoe ver de percelen uit elkaar liggen. De verhoudingen in mineralen kunnen worden gecorrigeerd om het te behandelen perceel dichter naar de referentie toe te brengen. (er wordt dus niet gekeken naar absolute hoeveelheden.)

- pH. Het ideale niveau voor opname van nutriënten door de plant is pH-H_2O 6,3. Wanneer de pH onder dit niveau ligt en de bodem is verzuurd, dan betekent dit een sub-optimale opname van nutriënten voor de plant. Sommige planten en vegetaties zijn hier beter op aangepast dan andere. De pH's van het referentie perceel en het doelperceel liggen idealiter zo dicht mogelijk bij elkaar om dezelfde condities te creëren voor het doelperceel. Als de pH's meer dan 1 of 1,5 pH punt uit elkaar liggen dan zou een pH correctie tot de mogelijke behandelingen behoren.

- Balans tussen elementen onderling. Bijvoorbeeld de calcium:magnesium verhouding is belangrijk voor de structuur van de bodem en de nitraat:ammonium verhouding is indicatief voor de vertering van de bodem.

- Aanwezigheid en hoeveelheid van elementen, inclusief sporenelementen. Sporenelementen zijn indicatief voor de potentie van een perceel om een goed bodem leven te ontwikkelen. Als er tekorten zijn kan dat een goed functionerend bodemleven in de weg staan. Zo is molybdeen bijvoorbeeld nodig voor het stikstof-vastleggend vermogen van stikstofbindende bacteriën.

- Het totale percentage organische stof wordt vergeleken tussen het doelperceel en het referentieperceel. Het bufferend vermogen van een bodem is sterk afhankelijk van het percentage organische stof en de grootte van de CEC. Ook het vochtvasthoudend vermogen neemt toe bij een hoger percentage, alsook de hoeveelheid stikstof die in de bodem is opgeslagen. ;

- Het totale gehalte organische stof zegt weinig over de activiteit en de kwaliteit van de organische stof in de bodem. Met behulp van een chroma wordt inzicht verkregen over de verschillende typen organische stof en de kwaliteit daarvan. Organische stof wordt bestudeerd aan de hand van de chroma, waaruit typen organische stof zijn af te leiden en daarnaast vanuit de vertering zoals deze uit de chroma en uit de bioscan blijkt.

- De Bioscan vertelt veel over de vertering van het systeem. Wanneer deze onvoldoende is door het ontbreken, of onvoldoende aanwezig zijn van sommige soortgroepen, dan moeten deze geholpen worden om het systeem zo snel mogelijk weer in balans te krijgen. Het systeem is hier zelf ook continu mee bezig, maar dit is een langzaam proces dat door invloeden van buitenaf nog eens vertraagd kan worden.

- Structuur van de bodem. Problemen zoals verdichting, onvoldoende doorluchting, insporing en andere bodemstructuur gerelateerde zaken wordt aan de hand van de SoilSmart analyse, aangevuld met veldwaarnemingen, in kaart gebracht.

- Door het systeem te helpen, kan het veel sneller in balans worden gebracht. Bijvoorbeeld door het opbrengen van onbewerkt zeezout, dat een grote hoeveelheid van alle door het systeem benodigde sporenelementen bevat, krijgt het systeem een impuls in de goede richting. Ook het opbrengen van geschikt organisch materiaal in de vorm van Bokashi (zie voor uitleg van bokashi Bijlage 3) is een impuls voor het systeem omdat het de activiteit van het bodemleven vergroot en de vertering weer op gang brengt.

4.2 Monstername in De Driepolders

4.2.1 Geselecteerde percelen

Binnen dit project zijn op aanwijzen van Staatsbosbeheer 36 percelen binnen de Driepolders geselecteerd voor monstername (nummering is hoger, maar er zijn enkele percelen afgevallen (figuur 4a)) Aanvullend zijn 2 terreinen buiten de Driepolder geselecteerd (figuur 4b) . Bij aanwijzen door Staatsbosbeheer zijn clusters gemaakt van de percelen. De clusters zijn gemaakt op basis van het bodemtype, de mate van productie en de vochtigheid van het perceel. Hieronder geven de kleurcombinaties in figuur 3 de typeringen van de graslanden aan.

Figuur 3: Clusters van percelen op basis van bodemtype, vochthuishouding en groeikracht van het gewas.

4.2.2 Geselecteerde Analyse methoden

In figuur 4a en figuur 4b zijn de ligging en de nummering van de percelen opgenomen. Figuur 4a geeft de kaart met percelen (inclusief referentiepercelen) binnen de Driepolders weer en figuur 4b de

referentiepercelen buiten het gebied, net ten noorden van de A7 ter hoogte van de afrit Marum (Marumerlage). De kleuren geven aan welke analyse-methode is toegepast op de bodemmonsters.

Figuur 4a: Ligging en nummering percelen binnen de Driepolders waarbij per perceel de analysemethodiek is weergegeven.

Figuur 4b: Ligging en nummering percelen bij de Marumerlage, met per perceel de gehanteerde methodiek.

Van alle percelen is het bodemmonster in ieder geval volgens de Albrechtmethode geanalyseerd (Ook wel Bodem Balans Analyse genoemd (zie paragraaf 3.3.2). Aanvullend zijn van 7 monsters zowel een Chroma gemaakt als een Nova-Bioscan, met de volgende verdeling:

- 5 monsters in graslanden op klei (klei op zand of klei op veen). (Percelen 7, 10, 17, 23 & Ref 1)
- 2 monsters in graslanden op veen (Percelen 36 & Ref 4 Marumerlage)

Deze 7 monsters hebben dus een volledige analyse volgens de Soil Smart Methode gehad.

De monsters zijn gestoken op 26 februari 2021 en 1 maart 2021. De monsters zijn gestoken door 5.1.2e 5.1.2e (Vlechtwerk) en 5.1.2e , medewerker bij Staatsbosbeheer. Een eerdere monstername was niet mogelijk gezien de vorst en ontoegankelijkheid van het gebied door stagnerend water op het land.

Omdat langs veel percelen natuurvriendelijke oevers gerealiseerd worden, zijn de randen van de percelen niet meegenomen in de bemonstering (10 meter uit de randen weggebleven). Voorts zijn plekken bij inritten naar de graslanden gemeden, omdat daar vaak bodemwoeling heeft plaatsgevonden. Ook overige afwijkende locaties zijn gemeden. Tijdens het monstersteken zijn nog percelen afgevallen gezien het feit dat grote delen waren vergraven. Bij de uitwerking per perceel zijn opmerkelijke bevindingen (veel pitrus, vervilting bodem en soms enkele soorten) genoteerd.

4.2.3 Prestentatie gegevens

De resultaten zijn geanalyseerd en geïnterpreteerd. Per perceel wordt een korte beschrijving gegeven van de ligging (kaartbeeld), iets over de bodemopbouw en eventueel de vegetatie (monsters zijn gestoken in winterperiode, waardoor vegetatieopnamen lastig te maken waren). Wel zijn van de meeste percelen volgens methode Schippers (Schippers, 2015?) de graslandfasen in beeld gebracht (interne kaart SBB). Gezien de soms heterogeniteit in de percelen qua bodemopbouw voor zowel de referentiepercelen als de andere percelen worden bij alle percelen alle referenties weergegeven, zodat bepaald kan worden welk perceel het dichts bij een referentie zit.

- Er wordt een advies gegeven voor ontwikkelen van de percelen naar het natuurdoeltype van de referentie.
- Er wordt een advies gegeven voor verschaling, bemesting, mineralentoevoeging, e.d.

5. Beschrijving en Analyse per perceel

5.1 Algemene aandachtspunten

5.1.1 Hydrologie

Een belangrijk aspect ten aanzien van de mogelijkheden om vochtige tot natte doelvegetaties te ontwikkelen is de hydrologische situatie die na de herinrichting gaat ontstaan. De mate waarin de gemiddelde voorjaars grondwaterstand (GVG) en de Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG) in de zomer nabij het maaiveld staan bepaalt welke doeltypen nagestreefd kunnen worden. In tabel 1 zijn de randvoorwaarden t.a.v. de hydrologie weergegeven voor de verschillende doelvegetaties.

Tabel 1: Hydrologische randvoorwaarden t.a.v. doelvegetaties waarbij de focus ligt op vochtig hooiland (N10.02), kruiden- en faunarijk grasland (N12.02) en Zilt- en overstromingsgrasland (N12.04). Van N12.02 en N12.04 zijn geen randvoorwaarden weergegeven m.b.t. de ondergrens en bovengrens t.a.v. de hydrologie. Algemeen kan gesteld worden dat N12.04 overstroomt gedurende langere perioden in de winter en het voorjaar. (Gebiedscommissie Zuidelijk Westerkwartier, 2018 en www.bij12.nl).

	Voorjaar (GVG)		Zomer (GLG)	
	ondergrens	bovengrens	ondergrens	bovengrens
Moeras	0,25	-0,70	0,50	-0,50
Nat schraalland	0,30	-0,20	0,60	0,00
Vochtig hooiland	0,70	-0,10	0,80	0,00
Hoog- en laagveenbos	0,30	-0,10	0,65	-0,10
Kruiden- en faunarijk grasland[1)]	Niet gedefinieerd	Niet gedefinieerd	Niet gedefinieerd	Niet gedefinieerd

[1)] Dit beheertype omvat een zeer breed scala aan vegetatietypen en/of diersoorten. Een afbakening van het bijbehorende (grond)waterregime is daarom niet mogelijk.

Ten aanzien van Vochtig hooiland N10.02 is door Gebiedscommissie Zuidelijk Westerkwartier, 2018 bepaald waar de doelvegetaties in het gebied te ontwikkelen zijn aan de hand van de GVG en de GLG. In bijlage 1 is deze kaart opgenomen. Uit deze kaart blijkt dat in nagenoeg alle delen van het gebied (blauw gearceerde delen) de GVG en de GLG voldoen aan de hydrologische randvoorwaarden om vochtig hooiland te realiseren. Voor zowel Kruiden- en faunarijk grasland 12.02 en Zilt- en overstromingsgrasland 12.04 staan geen hydrologische randvoorwaarden genoemd die noodzakelijk zijn voor de ontwikkeling van het graslandtype. Echter, laatst genoemde graslandtype overstroomt gedurende langere perioden in de winter en het voorjaar.

5.1.2 Beschrijving doelvegetaties

Staatsbosbeheer streeft naar het realiseren van de onderstaande doelvegetaties. Er wordt een korte beschrijving gegeven van het beheertype, welke met kleine wijzigingen afkomstig is van www.bij12.nl

Vochtighooiland0 N10.02

"Vochtig hooiland is ontstaan door de ontginning van moerassen of natte bossen en door langdurig gebruik als hooiland. Vochtig hooiland komt voor op natte veen- en kleibodems met een redelijke draagkracht. Het gaat om bloemrijke graslanden, vaak geel van soorten als ratelaar, gewone rolklaver, moerasrolklaver, geel walstro, scherpe boterbloem, kruipende boterbloem of dotterbloem. Vochtig hooiland is minder zeggenrijk dan nat schraalland (N10.01). Ze zijn nu niet meer interessant voor boeren door hun lage productie en eiwitarm gewas, maar ze behoorden ooit tot de betere graslanden. […]. In vochtig hooiland komen overgangen naar grote zeggenvegetaties en ruigten met moerasspirea voor. Lokaal kan opslag plaatsvinden van wilgenstruwelen. Deze elementen zijn van belang voor vlinders of struweelvogels. […]. Vochtige hooilanden zijn door ontginning, ontwatering en bemesting zeldzaam geworden."

Kruiden- en faunarijk grasland N12.02

"Kruiden- en faunarijk grasland omvat graslanden die kruidenrijk zijn, maar niet tot de schraallanden, vochtig hooiland, zilt grasland en overstromingsgrasland of glanshaverhooiland behoren. De vegetatie kan behoren tot allerlei verbonden van graslandvegetaties; ondermeer kamgrasvegetaties of de meer algemene witbolgraslanden. Diverse soorten ruigte en struweel kunnen in dit grasland voorkomen. […]. Het beheertype Kruiden- en faunarijk grasland kan voorkomen op diverse bodems van vochtig tot droog en heeft doorgaans een (matig) voedselrijk karakter. […]. Kruiden- en faunarijk grasland wordt bij een goede kwaliteit gekenmerkt door variatie in structuur (ruigte en plaatselijk struweel, hogere en lage vegetatie) en een kruidenrijke graslandbegroeiing die rijk is aan kleine fauna. Gradiënten binnen (grond)waterpeil en voedselrijkdom zorgen voor diverse vegetatietypen. Kenmerkende of bijzondere soorten van schralere beheertypen ontbreken grotendeels binnen Kruiden- en faunarijk grasland, maar graslanden zijn vaak wel rijk aan minder zeldzame soorten. Het type is o.a. van belang voor vlinders en andere insecten, vogels en kleine zoogdieren De graslanden worden doorgaans niet bemest. Om verzuring tegen te gaan kan, bij uitzondering, ruige stalmest of bekalking toegepast worden."

Zilt- en overstromingsgrasland N12.04

Zilt- en overstromingsgrasland bestaat uit vegetaties met grassen, russen en kruiden op vochtige zand- veen of kleigronden. Overstromingsgrasland kent in de winter en voorjaar vrijwel jaarlijks een periode dat het overstroomd is door water. Zilte graslanden staan (incidenteel) onder invloed van brak of zout water, zonder dat er sprake is van getijde. [….] Ook verder van het kustgebied, in polders, kunnen zilte graslanden voorkomen. Vaak gaat het om oude kreken. Door onderbemaling stroomt zout grondwater naar deze laagten. [….] Het beheertype is op Europees niveau van belang voor noordse woelmuis en kruipen moerasscherm, Zilt- en overstromingsgrasland is verder van nationaal belang als leefgebied voor haften en bedreigde broedvogels, zoals kluut, tureluur, grutto en visdief en verder voor moeraspaardebloem, Platte bies, Polei, Rode ogentroost, Stekende bies en Voszegge. De graslanden worden doorgaans niet bemest bemest tenzij sprake is van zodanige aantallen broedende weidevogels dat ook rangschikking onder vochtig weidevogelgrasland gerechtvaardigd is.

- Zilt grasland omvat korte grazige vegetaties op vochtige zand-, veen of kleigronden die incidenteel onder invloed staan van brak of zout water, zonder dat er sprake is van getijden.
- Overstromingsweiland omvat korte grazige vegetaties en kan gezamenlijk met ziltgrasland voorkomen. Het komt ook voor in kleigebieden, het rivierengebied of in het laagveengebied en wordt in het voorjaar langdurig overstroomd door oppervlaktewater of door uittredend kwelwater.

5.1.3 Referentiepercelen

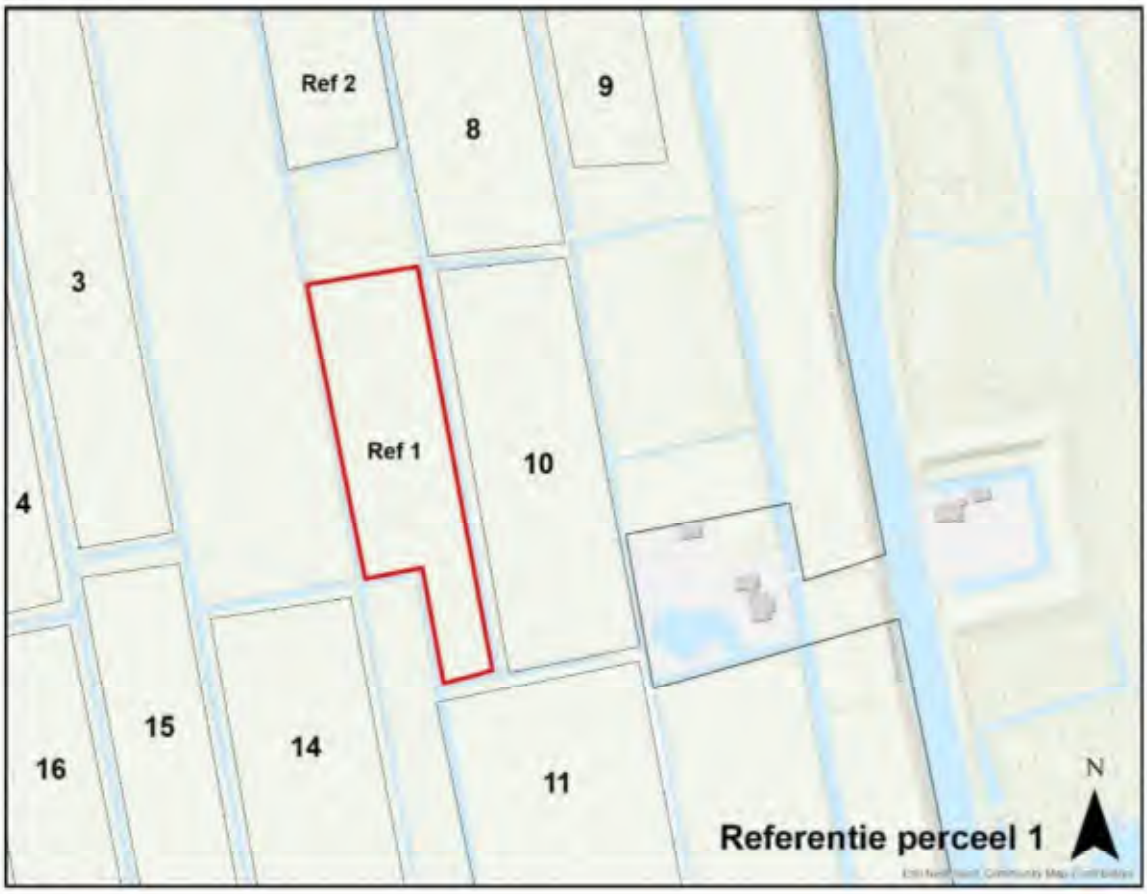
Binnen deze opdracht zijn vier referentiemonsters gestoken in percelen op zand (N=1(perceel ref 3)), klei (N = 2 (percelen ref 1 en ref 2)) en veen (N =1 (perceel ref 4)). Deze percelen laten momenteel een goede/wenselijke vegetatieontwikkeling zien die wenselijk is voor de te ontwikkelen percelen. Het betreffen een aantal percelen binnen het plangebied en referentiepercelen buiten het plangebied, in de Marumerlage die inmiddels zijn ingericht. (figuur 4a en 4b ligging referentiepercelen) De referentiepercelen binnen dit project zijn aangedragen door Staatsbosbeheer.

5.2 Referentie percelen

5.2.1 Referentie 1 De Driepolders

Bestaande vegetatie is N12.02, Kruiden- en faunarijk grasland.

Kaartbeeld



Foto's perceel

Winterbeeld (l) en Voorjaarsfoto (r). Voorjaarsfoto is gemaakt in referentieperceel 2, maar deze referentie lijkt zeer sterk op referentieperceel 1.

Toelichting vanuit het veld

Monstername februari:

Referentieperceel klei op veen, matig voedselrijk. helemaal in t zuidelijkste puntje ridderzuring. verder nagenoeg niet gezien. Harde bodem. Ook ruige vegetatie. Lang de winter ingegaan.

Veldbezoek mei:

Veel boterbloem en veldzuring welke duidelijk het voorjaarsbeeld bepalen. Vergeleken met de oostelijk gelegen percelen zit op dit perceel aanzienlijk minder productie. De planten zijn minder hoog en de dominantie van boterbloem en veldzuring lijkt ook wat minder te zijn (minder aantal planten op de m2). De groei lijkt rustiger en de vegetatie wat ijler. Hier is ook vrij veel reukgras aangetroffen wat duidt op schralere en opener vegetatie. Witbol staat er wel, maar is niet heel dominant. Bodem lijkt plaatselijk wat vervilt (oude dorre vegetatie), wat overeenkomt met de bevindingen van de winterperiode. Enkele grote vossenstaart pollen aanwezig. Planten vormen geen mozaïek van 'haarden' meer, maar zijn diffuus verspreid over het terrein aanwezig. Vanuit de vegetatie begrijpelijk dat dit perceel als referentie is opgenomen.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel Ref 1 DDP

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Tabel resultaten Nova Bioscan Perceel Ref 1 DDP

Perceel	Algemeen	Aantallen	Variatie	Aerobe bacterien	Aerobe bacteriën variatie	Aerobe schimmels	Aerobe schimmel variatie	Amoebe	Flagelaten	Nematoden, bacterie voedend	Nematoden,schimmel voedend	Nematoden Nemantoden voedend	Anaerobe bacterien	Anaerobe protozoen: Ciliaten	Anaerobe protozoen: Vorticella	Anaerobe protozoen: Rotifer	Anaerobe nematoden, switchers	Anaerobe nematoden, wortel voedend
Ref 1 DDP (2110092)	6,2	7,6	4,8	7,3	5,3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Tabel resultaten beoordeling Chroma Perceel Ref 1 DDP

			Centrale zone		Binnenste zone	Middelste zone	Buitenste zone			Samenhang zones	
Perceel	Monsternr.	Algemene beoordeling	Kleur Centrum	Grootte centrum	Radiaal-lijnen	Tanden	Versheid organische stof	Humus-wolkjes	Zone tussen de tanden	Onderlinge verhoudingen	Overgang zones
Ref 1	295,17V	7,5	6	6	5	4	5	3	5	6	7
Ref 4	295,18V	6,0	6	3	4	4	3	3	5	4	6

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse referentie 1 (monster VIC 2110092)

Het gaat om een bodem met een organische stofgehalte van 11,7%. Dit percentage zegt nog weinig over de kwaliteit van de organische stof. De uitwisselcapaciteit (CEC 12,94) is vrij laag voor het type grond. Dat komt met name omdat de pH-water van 4,8 laag is. De calcium/magnesiumverhouding is erg laag, omdat er te weinig calcium aan het klei-humuscomplex zit en vrij veel magnesium. Dit wordt veroorzaakt door de geschiedenis van de bemesting. Het toepassen van hoge picken kalium (vooral uit drijfmest, zit in kringloop van veehouderij) geeft een antagonisme op magnesium. De plant neemt magnesium niet meer op omdat de kalium de magnesium verdringt hierdoor stapelt magnesium in de bodem op. Deze lage calcium/magnesiumverhouding zorgt ervoor dat zuurstofuitwisseling in de bodem wordt bemoeilijkt,

waardoor bodemleven minder goed kan functioneren. Het kaliumgehalte is ook laag. Daarnaast is het aluminiumgehalte hoog. Dat wordt voornamelijk veroorzaakt door de lage pH. Fosfaat is met 18 kg/ha zeer laag. Zwavel is aan de lage kant. Van de spoorelementen zijn ijzer en kobalt hoog. Mangaan en zink vallen binnen het streeftraject. De overige spoorelementen zijn allen (te) laag, Opvallend is het extreem lage kopergehalte. Silicium is wat aan de lage kant. Nitraat en ammonium laten zien dat er al wat mineralisatie heeft plaatsgevonden ten tijde van monstername. Ammonium is gunstig hoger dan nitraat.

Bioscan referentie 1 (monster 210317.28)

De Novabioscan laat hoge aantallen bacteriën zien, maar in lage diversiteit. Schimmels zijn laag in zowel aantallen als diversiteit. Protozoa zijn slechts in beperkte mate aangetroffen. Er zijn grote aantallen bacteriën gevonden, maar in slechte variatie. Dit duidt op een milieu waarin de vertering van organische stof en stofwisseling moeilijk verloopt, waarbij humusvorming achterblijft.
Daarnaast zijn in deze bodem ciliaten gevonden in vrij hoge aantallen. Deze kunnen zowel in zuurstofarme als zuurstofrijke omstandigheden ontwikkelen, maar deze grote hoeveelheden duiden naar waarschijnlijkheid op een zuurstofarme milieu.

Chroma referentie 1 (monster 295.17V)

Een Chroma geeft o.a. de samenhang weer tussen bodemleven, koolstof en de mineralen. Over het algemeen geeft deze bodem een redelijk beeld met enkele kenmerkende eigenschappen. Het grote centrum in deze chroma toont aan dat er organische stof in omzetting is, of dat dat proces niet optimaal verloopt. Er is matige biologische activiteit waar te nemen, omdat zowel de radiaallijnen als de tandenzone matige processen laat zien. Dat is de reden dat humus- en eiwitvorming niet optimaal zijn. Wanneer de biologische processen verbeteren, heeft deze bodem meer potentie om mineralen te binden en te leveren vanuit de organische delen dan dat nu het geval is.

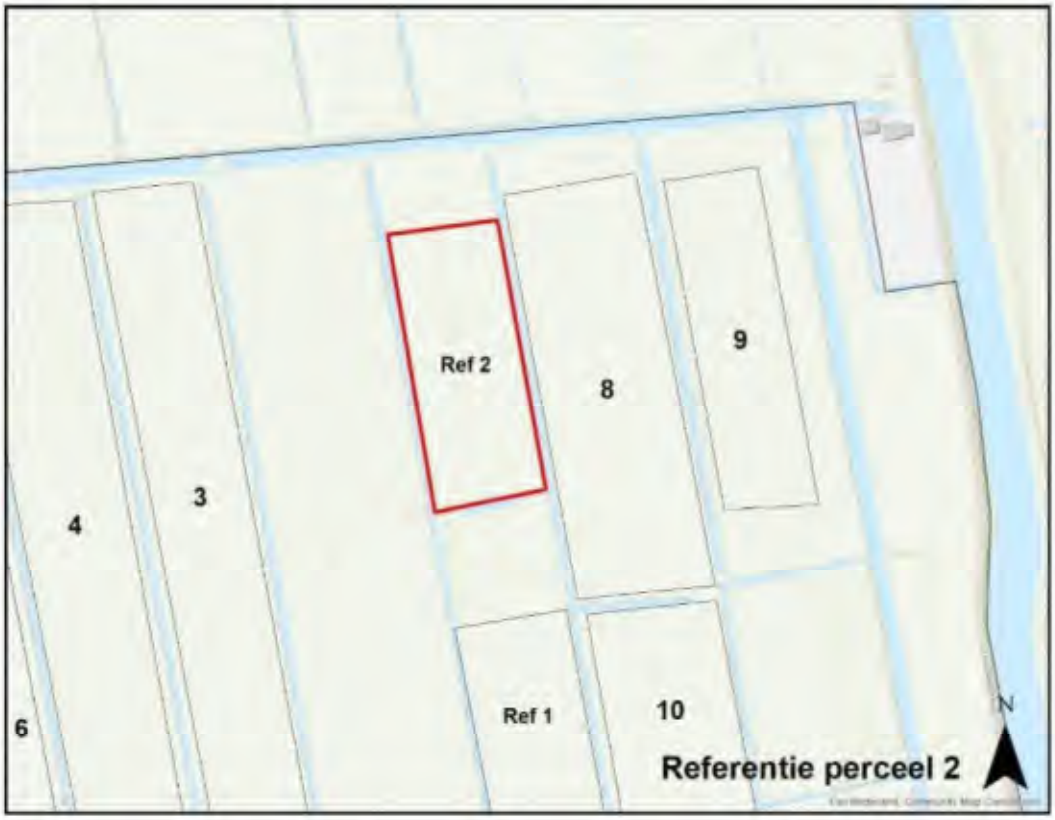
Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Voor dit perceel is geen advies nodig.

5.2.2 Referentie 2 De Driepolders

Bestaande vegetatie is N12.02, Kruiden- en faunarijk grasland.

Kaartbeeld



Foto's perceel

Toelichting vanuit het veld

Monstername februari

Harde bodem vergeleken met de andere percelen. Lijkt onder geoogst (niet kort genoeg de winter in), met veel organische stof in de eerste vier centimeter. Droog vergeleken met percelen meer naar het zuiden.

Veldbezoek mei

Veel boterbloem en veldzuring welke duidelijk het voorjaarsbeeld bepalen. Vergeleken met de oostelijk gelegen percelen zit op dit perceel aanzienlijk minder productie. De planten zijn minder hoog en de dominantie van boterbloem en veldzuring lijkt ook wat minder te zijn (minder aantal planten op de m2). De groei lijkt rustiger (minder productief) en de vegetatie wat ijler. Hier is ook vrij veel reukgras aangetroffen wat duidt op schralere en opener vegetatie. Witbol staat er wel, maar is niet heel dominant. Bodem lijkt plaatselijk wat vervilt (oude dorre vegetatie), wat overeenkomt met de bevindingen van de winterperiode. Enkele grote vossenstaart pollen aanwezig. Planten vormen geen mozaïek van 'haarden' meer, maar zijn diffuus verspreid over het terrein aanwezig. *(Beschrijving komt overeen met beschrijving Ref 1 klei op veen)*. Middenin het perceel zijn nog haarden met hondsdraf aanwezig, in het zuidwesten langs de randen nog haarden met blaartrekkende boterbloem.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel Ref 2 DDP

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse referentie 2 (monster VIC 2110091)

Het gaat om een bodem met een organische stofgehalte van 10,3%. Dit percentage zegt nog weinig over de kwaliteit van de organische stof. De uitwisselcapaciteit (CEC 13,52) is vrij laag voor het type grond. Dat komt met name omdat de pH-water van 4,8 laag is. De calcium/magnesiumverhouding is erg laag, omdat er te weinig calcium aan het klei-humuscomplex zit en vrij veel magnesium. Deze lage calcium/magnesiumverhouding zorgt ervoor dat zuurstofuitwisseling in de bodem wordt bemoeilijkt, waardoor bodemleven minder goed kan functioneren. Het kaliumgehalte is ook laag. Daarnaast is het aluminiumgehalte hoog. Dat wordt voornamelijk veroorzaakt door de lage pH. Fosfaat is met 16 kg/ha zeer laag. Zwavel is aan de lage kant. Van de spoorelementen is ijzer hoog. Kobalt valt binnen het streeftraject. De overige spoorelementen zijn allen te laag, Opvallend is het extreem lage kopergehalte. Silicium valt binnen het streeftraject. Nitraat en ammonium laten zien dat er al wat mineralisatie heeft plaatsgevonden ten tijde van monstername. Ammonium is gunstig hoger dan nitraat.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Voor dit perceel is geen advies nodig.

5.2.3 Referentie 3 Marumerlage

Referentie 3 is momenteel op de Natuurbeheertypenkaart aangemerkt als Flora en faunarijk grasland N12.02

kaartbeeld

Foto's perceel

Toelichting vanuit het veld

Dit is de referentie voor zand, matig voedselrijk (Marumerlage). Er is in de bodem sprake van veel veen/humus, soms vanaf ongeveer 15 cm beneden maaiveld kleihoudend zand met sporen van ijzeroxidatie.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel Ref ML 3

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse referentie 3 (monster VIC 2110094)

Deze bodem heeft een organische stofpercentage van 7% en een CEC van 8,79 (bindingscapaciteit. Het organische stofpercentage zegt nog weinig over de kwaliteit ervan. De pH-water is met 5,6 wat laag. De kationenbezetting op het klei-humuscomplex laat zien dat calcium redelijk op peil is, maar dat magnesium, en met name kalium, laag is.

Fosfaat is met 34 kg/ha erg laag. Van de spoorelementen is ijzer zeer hoog. Ook kobalt is erg hoog. Opvallend is dat koper extreem laag is. Ook molybdeen is laag. Dit is vaak te wijten aan slecht bodemleven. Silicium is laag.

Nitraat en ammonium laten zien dat er al wat mineralisatie heeft plaatsgevonden ten tijde van monstername. Ammonium is gunstig hoger dan nitraat. Dat kan betekenen dat nitraat goed wordt gebonden in de bodem.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Voor dit perceel is geen advies nodig.

5.2.4 Referentie 4 Marumerlage

Referentie 4 wordt volgens het natuurbeheerplan aangemerkt als N12.02 grasland (Flora- en faunarijk grasland.

Referentie 4 wijkt zo sterk af qua calcium gehalte dat deze niet gebruikt is al referentie. Het hoge calcium gehalte past goed bij een locatie die permanent - kwel - zeer nat is! Dit zijn de natuurlijke omstandigheden voor referentie 4. Maar helaas niet representatief voor de Driepolders. Deze referentie is dan ook niet goed gekozen. We hadden moeten kiezen voor een referentie die een iets hoger maaiveldniveau heeft. Dit is wel bij referentie 3.

Kaartbeeld

Foto's perceel niet aanwezig

Toelichting vanuit het veld

Dit is referentieperceel 4, voor veengronden. Bij het steken is sprake van nat veen met onderin (20 cm diepte) soms wat kleiiger.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel Ref ML4

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Tabel resultaten Nova Bioscan Perceel Ref ML4

Perceel	Algemeen	Aantallen	Variatie	Aerobe bacterien	Aerobe bacteriën variatie	Aerobe schimmels	Aerobe schimmel variatie	Amoebe	Flagelaten	Nematoden, bacterie voedend	Nematoden,schimmel voedend	Nematoden Nemantoden voedend	Anaerobe bacterien	Anaerobe protozoen: Ciliaten	Anaerobe protozoen: Vorticella	Anaerobe protozoen: Rotifer	Anaerobe nematoden, switchers	Anaerobe nematoden, wortel voedend
Ref 4 ML (2110093)	5,7	6,7	5,5	7,9	5,6	5,7	5,4	5,2	4	4	4	4	4	4	6,7	4	4	4

Tabel beoordeling Chroma Perceel Ref 4

			Centrale zone		Binnenste zone	Middelste zone	Buitenste zone			Samenhang zones	
Perceel	Monsternr.	Algemene beoordeling	Kleur Centrum	Grootte centrum	Radiaal-lijnen	Tanden	Versheid organische stof	Humus-wolkjes	Zone tussen de tanden	Onderlinge verhoudingen	Overgang zones
Ref 1	295,17V	7,5	6	6	5	4	5	3	5	6	7
Ref 4	295,18V	6,0	6	3	4	4	3	3	5	4	6

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse referentie 4 (monster VIC 2110093)

Deze bodem heeft voor veengrond geen hoge uitwisselcapaciteit (TEC 14,14). Het organische stofgehalte is 23,8%. Dat de bindingscapaciteit relatief laag is bij een vrij hoog organische stofgehalte, toont aan dat de organische stof niet optimaal bijdraagt aan het bindend vermogen van de bodem. De pH-water is 5,7. De calcium-/magnesiumverhouding is met 15,79 erg hoog. Dat komt omdat het calciumgehalte goed op peil is, maar het magnesiumgehalte is erg laag. De calcium kan twee bronnen hebben: uit de klei of aangevoerd door grondwater. Ook kalium is erg laag. Fosfaat is met 78 kg/ha laag. Van de spoorelementen is ijzer hoog. Koper en molybdeen zijn erg laag. Het lage molybdeencijfer is meestal te wijten aan een

gebrek aan bodemleven. De overige spoorelementen vallen redelijk binnen de streefwaarden. Silicium is laag. De calcium

Nitraat en ammonium laten zien dat er al wat mineralisatie heeft plaatsgevonden ten tijde van monstername. Ammonium is gunstig hoger dan nitraat.

Bioscan referentie 4 (monster 210317.27)

Het bodemleven is er eenzijdig ontwikkeld. Er zijn alleen bacteriën in goede aantallen gevonden, maar in slechte variatie. De overige hoofdgroepen zijn met deze methodiek niet aangetoond. Dat duidt op een zuurstofarm milieu waarin de vertering van organische stof en stofwisseling moeilijk verloopt. De beschikbaarheid van mineralen en de vorming van eiwitten op deze bodem blijft achter. Er vindt matige humus opbouw plaats. Door de matige aanwezigheid van schimmels is er ook een slechte mineralenbeschikbaarheid vanuit het organisch deel in de bodem.

Chroma referentie 4 (monster 295.18V)

Een Chroma geeft o.a. de samenhang weer tussen bodemleven, koolstof en de mineralen. Dit chroma kenmerkt zich doordat er veel organisch materiaal zichtbaar is, maar weinig humusvorming plaatsvindt. Aan de buitenrand is met name vers/inactief organisch materiaal te zien. Het centrum is erg groot, wat aangeeft dat het verteringsproces niet optimaal verloopt. De biologische activiteit is beperkt. Er is wel wat eiwitvorming te zien, maar de potentie van deze bodem is groter en zal benut worden wanneer de biologische processen verbeteren.

Dit chroma laat zien dat hier mogelijk veenvorming plaatsvindt. Dit past bij een zuurstofarm, permanent nat biotoop van referentie 4 Marumerlage.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Voor dit perceel is geen advies nodig.

5.3 In te richten percelen

5.3.1 Algemene analyse van de percelen

In de analyses zien we duidelijk een landbouwkundig verleden terug, maar ook dat de bodem al goed tot rust gekomen is. Dit landbouwkundig verleden zien we vooral terug in de over het algemeen hoge gehalten aan magnesium; een lage Ca:Mg verhouding op het CEC en een lage kali bezetting op de CEC. Dit zijn de restanten van piekbemestingen met kali uit het verleden. We verwachten dat OS de afgelopen jaren al is opgebouwd en de pH is terug gelopen.

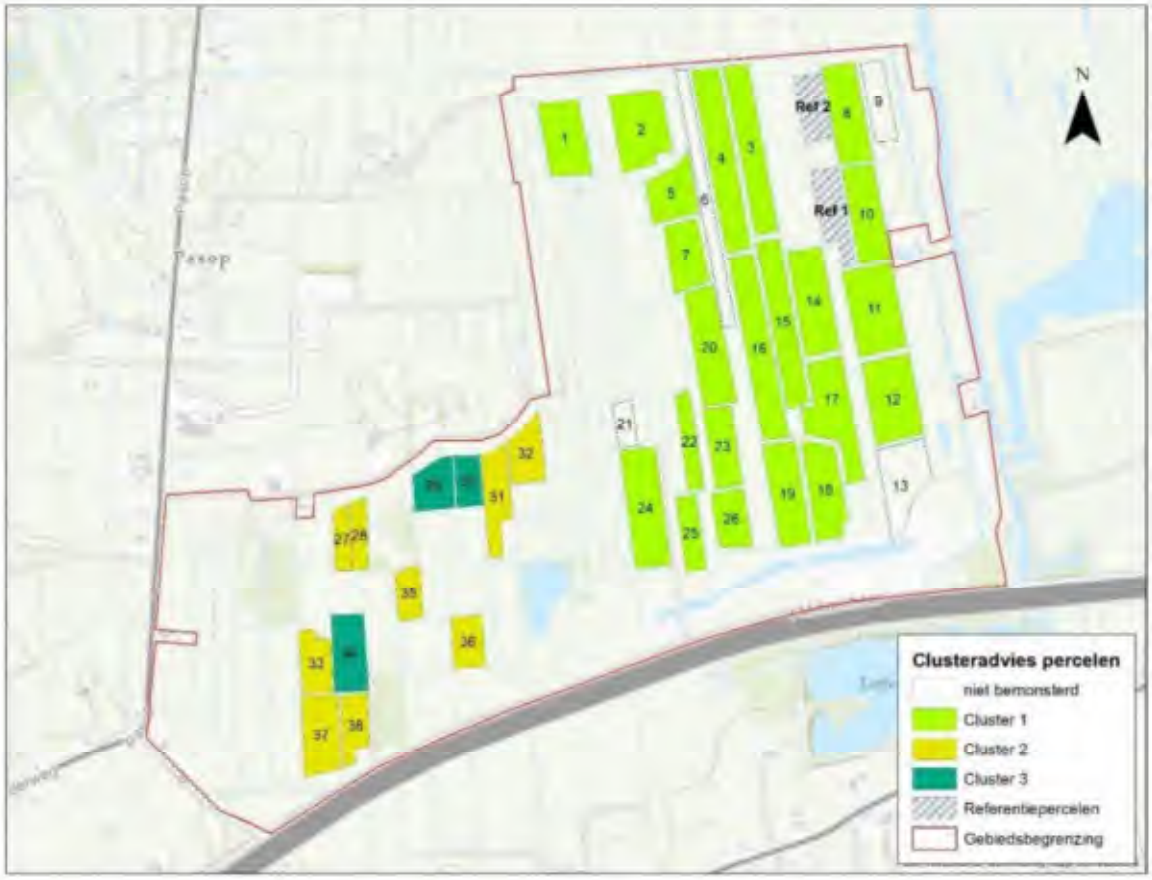
Er een duidelijk verloop in de Ca:Mg verhouding van laag in het noordoosten naar hoger (=beter) in zuidwesten. De beste Ca:Mg verhouding heeft referentie 3. Referentie 4 is extreem anders met een hoog calcium en laag magnesium. Dit kan verklaard worden door het sterk venige bodem met mogelijk een schelpenafzetting, klei of gebufferd grondwater. En mogelijk helemaal geen landbouwkundig verleden. (?) Hier is het magnesiumgehalte bijna weer doorgeschoten en is er bijna een tekort. De situatie van referentie 4 is mogelijk niet realiseerbaar in de driepolders zelf. In het zuidwesten is die kans nog het grootst. Een hoog magnesium in verhouding tot het beschikbaar calcium resulteert in een dichte compacte bodem met een zuurstof tekort. Dit, in combinatie met vernatten, geeft grote kans op een sterke pitrus ontwikkeling.

Het gebied kent lage fosfaat cijfers. Ook in verhouding tot de referenties in de Marumerlage.

Stikstof is in de Driepolders ook rustig. Zeker voor venige gronden die in een natte periode (februari) gestoken zijn. Dit betekend dat we in verhouding tot elkaar een hoog gehalte ammonium stikstof zien en een laag gehalte nitraatstikstof. Dit duidt er op dat de laatste jaren niet of niet intensief bemest is. Het veen is stabiel en niet actief verteerd. Een rustige stikstof zegt niet dat de bodems een laag stikstofgehalte hebben. Er zijn redelijk hoge waardes gevonden maar dit is kenmerkend voor veen gronden.

Om meer vegetatieve soortenrijkdom te stimuleren is het voor bijna alle percelen van belang om de mineralenbeschikbaarheid te verbeteren. Het gaat hier met name om calcium en diverse sporenelementen. Hoewel er maar van enkele percelen bodembiologische gegevens zijn, is vanuit de chemische analyses op te maken dat de uitgangssituatie voor bodemleven en met name schimmels ongunstig is. Deze trend komt bij nagenoeg bij alle percelen terug.

Hieronder wordt per perceel de analyse gegeven van ieder bodemmonster. Omdat veel percelen qua gemeten waarden dicht bij elkaar liggen en daarmee ook een overeenkomstig advies krijgen m.b.t. de mineralentoevoeging en de bemesting, zijn de adviezen voor percelen geclusterd (figuur 5). Er is hier gekozen voor clusters omdat het kan en om de uitvoerbaarheid realistisch te houden.

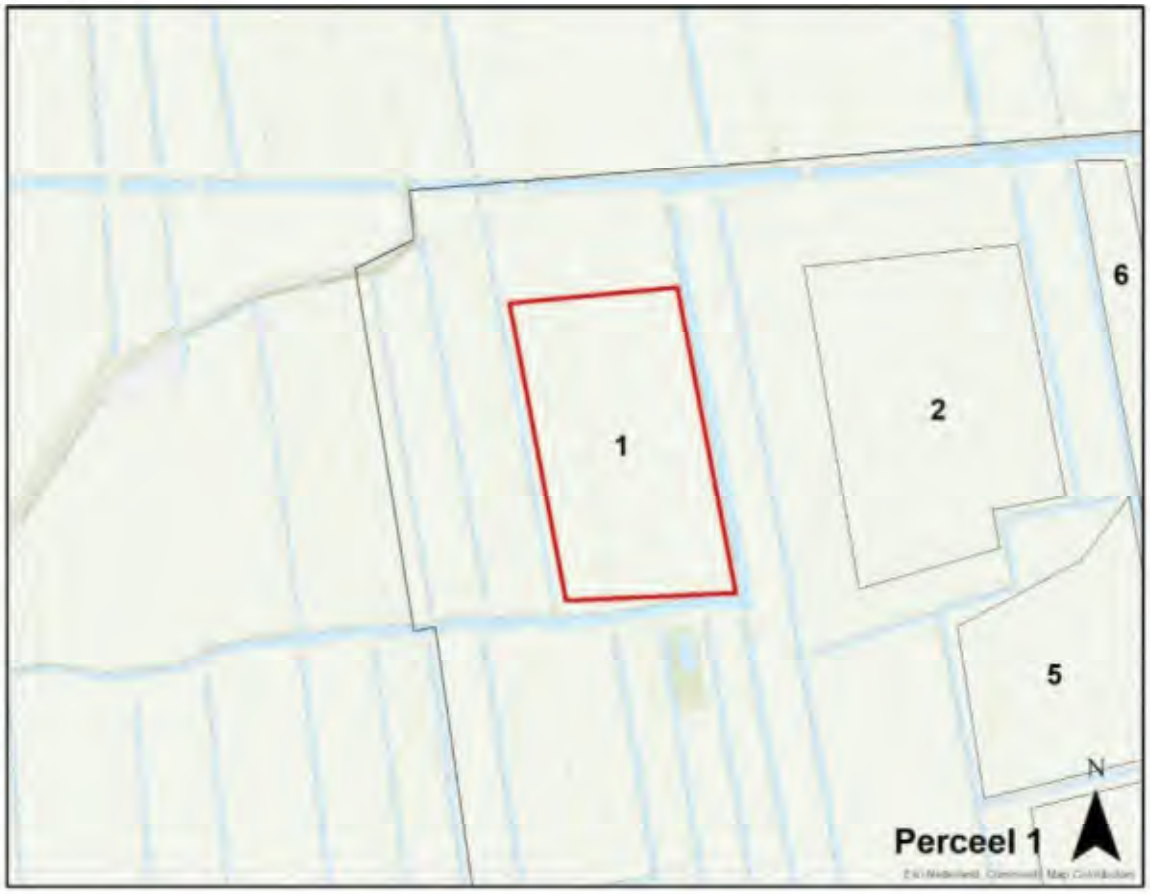


Figuur 5: Cluster van percelen t.a.v. het advies ten behoeve van mineralentoevoeging en bemesting.

Referentie 4 Marumerlage wijkt zeer sterk af van alle percelen met veel hoger calcium gehalte. Daarom is deze referentie in de presentatie van de gegevens wel meegenomen, maar niet gebruikt tijdens de beoordeling van de bodemmonsters.

5.3.2 Perceel 1, cluster 1: percelen 1 t/m 26

Kaartbeeld



Foto's perceel

Toelichting vanuit het veld

Harde klei op veen. Vegetatie wordt gedomineerd door gestreepte witbol.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 1	17,38	27,16	5,3	11,2	2,2:1	19	18	31	5038	1369	482	139	45	49
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 1	1,61	1326	78	0,45	13	0,11	0,94	162	41,4	18,8	2,0	1,0	0,8	36
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 1 (Monster VIC 2111002)

Lichte kleigrond met mogelijk veenresten. CEC 12,94, pH water 5,3 , Organische stof 11,2 %.

Ca/ Mg verhouding 2,21 : 1 erg laag is voor deze bodem, dit betekent dat er een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. Op dit perceel lijkt iets meer met kali pieken te zijn bemest in het verleden(vaak een gevolg van onhandig drijfmestgebruik) De stikstof huishouding is matig tot slecht, nitraat hoger dan ammonium wat duidt op een slechte omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Erg laag fosfaat, te weinig calcium in verhouding tot de magnesium, koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit.

Algemene interpretatie/Analyse gegevens cluster 1

Bodem Balans Analyse

Het CEC van cluster 1 varieert van 10 tot 17.4 mmol/kg. De referenties hebben een CEC van rond de 13 mmol/kg. Deze bandbreedte is waarschijnlijk het gevolg van de verschuivende kleifractie. Hierdoor is ook de mineralen bezetting per kg/ha hoger. Het organische stofgehalte is vergelijkbaar. Ca;Mg verhouding is vergelijkbaar. Er is iets meer fosfaat aanwezig dan in de referentie maar binnen de marge nog steeds laag.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik voor Cluster 1

We gebruiken referentie 1 en 2 met natuurdoeltype N12.02. Deze zitten qua bodemtype het dichtst bij dit perceel.

De calcium beschikbaarheid moet beter worden om het bemestingsverleden te corrigeren. Hierdoor zal er ook meer zuurstof in de bodem kunnen gaan komen. Dit kan in dit gebied het beste gebeuren met zeeschelpenmeel. Een kleine gipsgift in het voorjaar versneld in het terugbrengen van de calcium beschikbaarheid. Sea90 brengt de sporenelementen terug en stimuleert het bodemleven. Tevens zorgt dit dat evt. witbol dominantie voorkomen/onderbroken wordt. Steenmeel, vulkamin, voorziet de

sporenelementen op de lange termijn (wat zout op de korte termijn doet). Stalmest en bokashi is om de vertering van de organische stof goed door te laten lopen. Als dit niet toegepast wordt kan de stikstof zich onrustig gaan gedragen. Onrustige stikstof is ongunstig voor het bodemleven en dus diversiteit bovengronds. Door de vaste mest/ bokashi gift voedt je het bodemleven zodat de anorganische (onrustige) stikstof organisch gebonden stikstof wordt en blijft. Tevens zorgt goede stalmest/ bokashi voor buffering. Mooi net voor de bloei en oogst het maaisel.

Lange termijn gebruik cluster 1:

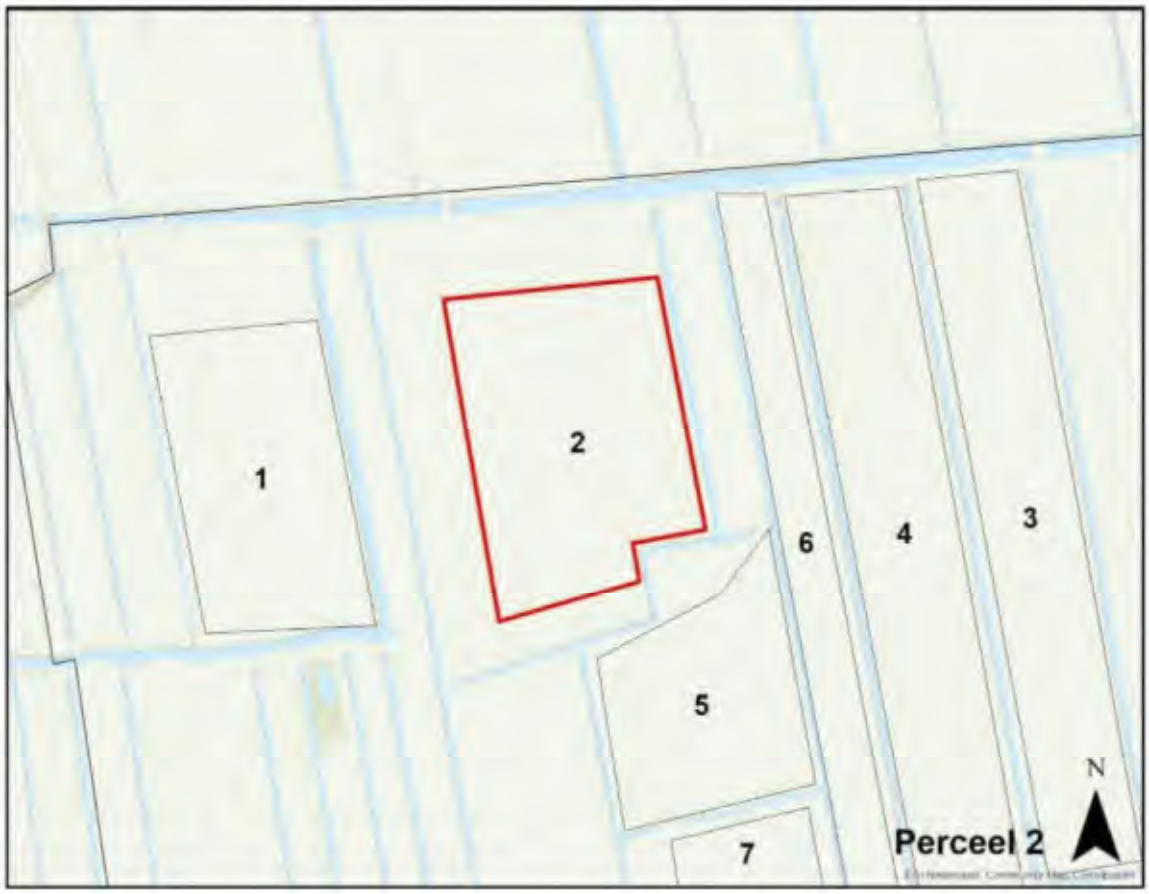
Na 5 jaar is het raadzaam om enkele percelen uit cluster 1 nog eens te bemonsteren. Hieruit kan geconcludeerd worden of er nog extra mineralen of bodemleven correcties nodig zijn.

- Regelmatig een bemesting van 10 ton/ha met ruige stalmest of bokashi. Af en toe een jaar overslaan is prima. Het mooiste is (een deel van) het maaisel van SBB zelf te verwerken tot bokashi. Bij voorkeur maaisel van percelen die verder in de vegetatieve ontwikkeling zijn. Dit zal helpen om het gewenste bodemleven te enten op de nog te ontwikkelen percelen. En hiermee de vegetatieve ontwikkeling.
- Om de stikstof nog rustiger te krijgen blijft maaien op moment dat het meeste eiwit in de plant zit, dus net voor de bloei, van belang. Is dit broedvogel technisch mogelijk? Anders klusters percelen kiezen waar op tijd gemaaid gaat worden. En 5 jaar later een ander cluster. Als het kan een 2de keer maaien. Maar voor diversiteitsontwikkeling is nabeweiden sowieso een must. Het vee zorgt voor variatie door begrazing, betreding en bemesting én levert via de darmflora bodemleven. Alleen beweiden als vochtigheid het toelaat! Vertrapping ten alle tijden voorkomen. Minimaal dient de jaarlijkse bijgroei geoogst te worden d.m.v. maaien of weiden. Dit is een uitdaging in dit natte gebied.
- Mogelijk kunnen op de lange termijn percelen uit cluster 1 door ontwikkelen naar Vochtig hooiland N10.02. Op dit moment is dit echter bodembiologisch en -chemisch nog een stap te ver. De waterhuishouding wordt de komende jaren met de pijlverhoging hier wel voor op orde gebracht.

Cluster 1. percelen 1 t/m 26 Referentie 1 en 2 zijn gebruikt.	Jaar 1	Jaar 2	Jaar 3
Geadviseerd doeltype	N12.02	N12.02	N12.02
Zeeschelpenkalk, meel nzomer	1000kg/ha	500kg/ha	500kg/ha
Zeewierkalk nazomer			
Gips voorjaar	150kg/ha	150kg/ha	150kg/ha
Sea 90 najaar	50kg/ha	50kg/ha	50kg/ha
Steenmeel vulkamin, nazomer		350kg/ha	350kg/ha
Ruige stalmest of bokashi nazomer	5 a 10 ton	5 a 10 ton	5 a 10 ton
Compostthee / organismen enten nazomer	Bij voorkeur	Bij voorkeur	Bij voorkeur
Maaien net voor de bloei	ja	ja	Ja
Maaien 2e keer	Als het kan maar in ieder geval nabeweiden		
Nabeweiding	Ja, bij ridderzuring liefst schapen anders runderen	Ja, bij ridderzuring liefst schapen anders runderen	Ja, bij ridderzuring liefst schapen anders runderen
Maaisel + zaden enten nazomer			Ja, als het te organiseren is. Maaien van soortenrijk naar minder soortenrijk

5.3.3 Perceel 2

Kaartbeeld



Foto's perceel

Toelichting vanuit het veld

Zeer harde klei op veen. Vegetatie wordt gedomineerd door witbol.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 2	15,57	26,84	5,1	9,1	2,6:1	12	14	27	4670	1098	408	105	78	47
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 2	1,77	1310	143	0,76	10	0,11	1,64	157	38,8	15,2	1,7	0,8	1,5	42
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 2 (Monster VIC 2111003)

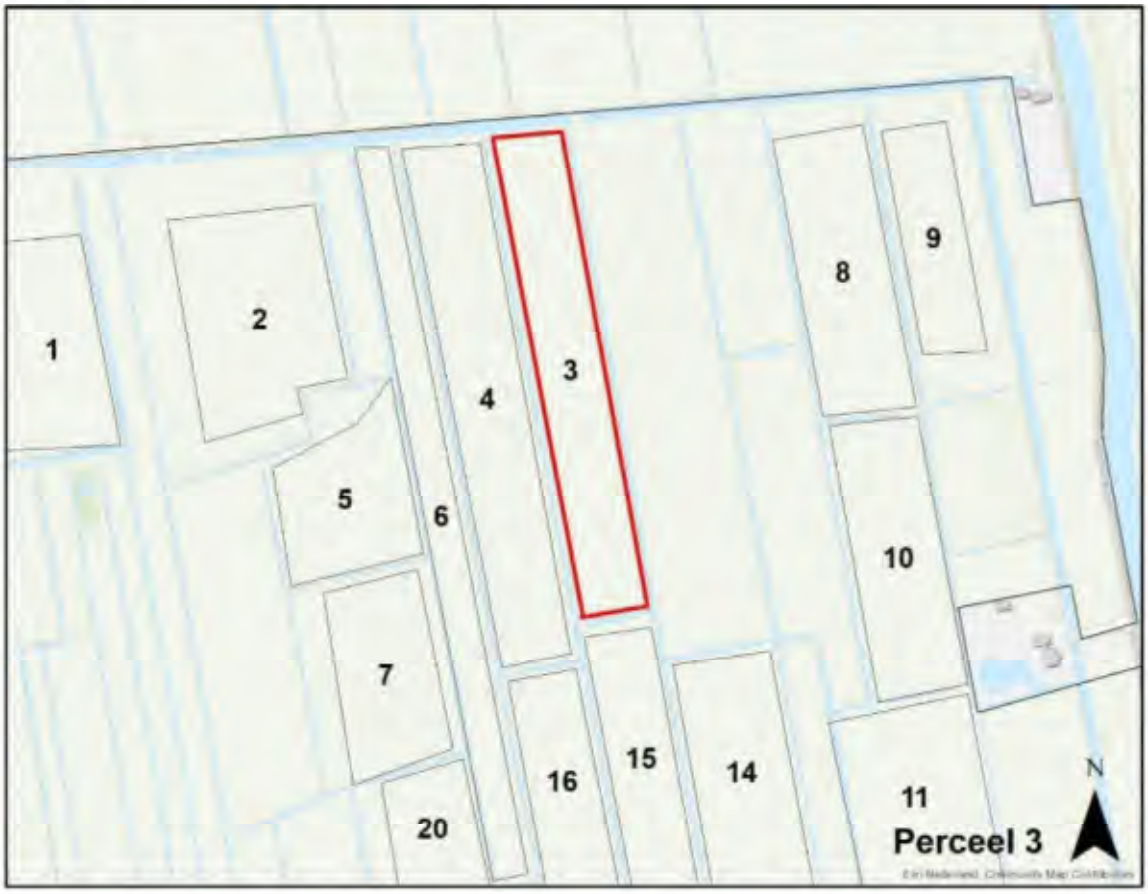
Lichte kleigrond met mogelijk veenresten. CEC 15,57, pH water 5,1, Organische stof 9,1 %. Ca/Mg verhouding 2,55 : 1 wat erg laag is voor deze bodem, dit betekent dat er een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. Op dit perceel lijkt iets meer met kali picken te zijn bemest in het verleden (vaak een gevolg van onhandig drijfmestgebruik). De stikstof huishouding is redelijk goed, nitraat iets lager dan ammonium wat duidt op een redelijk goede omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Erg laag fosfaat, weinig calcium in verhouding tot Mg, koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit. Door de lage pH is er ook meer aluminium dan gewenst op de bezetting van het CEC.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 1

5.3.4 Perceel 3

Kaartbeeld



Foto's perceel niet aanwezig

Toelichting vanuit het veld

Klei op veen. Vegetatie wordt gedomineerd door Witbol. Ook pitrus aanwezig.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 3	14,69	25,32	5,1	9,1	2,5:1	10	17	22	4231	1028	426	130	137	47
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 3	1,48	1344	56	0,45	8	0,11	0,83	171	37,3	15,1	1,9	1,0	2,7	42
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 3 (monster VIC 2111004)

Lichte kleigrond met mogelijk veenresten. CEC 14,69 . pH water 5,1 , Organische stof 9,1 %

Ca/ Mg verhouding 2,47 : 1 wat erg laag is voor deze bodem, dit betekent dat er een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. Op dit perceel lijkt iets meer met kali pieken te zijn bemest in het verleden(vaak een gevolg van onhandig drijfmestgebruik) De stikstof huishouding is redelijk goed, nitraat iets lager dan ammonium wat duidt op een redelijk goede omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Erg laag fosfaat, te weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit. Door de lage pH is er ook meer aluminium dan gewenst op de bezetting van het CEC.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 1

5.3.5 Perceel 4

Kaartbeeld

Foto's perceel

Toelichting vanuit het veld

Bodem bestaande uit klei met veen (redelijk hard). In het perceel is een flauwe greppelstructuur aanwezig. De vegetatie wordt gedomineerd door gestreepte witbol. Er is ook pitrus aanwezig.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 4	14,12	25,67	5,0	9,2	2,0:1	5	17	25	3756	1100	457	134	172	63
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 4	1,55	1393	175	0,58	14	0,11	2,11	155	32,7	15,9	2,0	1,0	3,3	45
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 4 (Monster VIC 2111005)

Lichte kleigrond met mogelijk veenresten. CEC 14,12 . pH water 5,0 , Organische stof 9,2 %

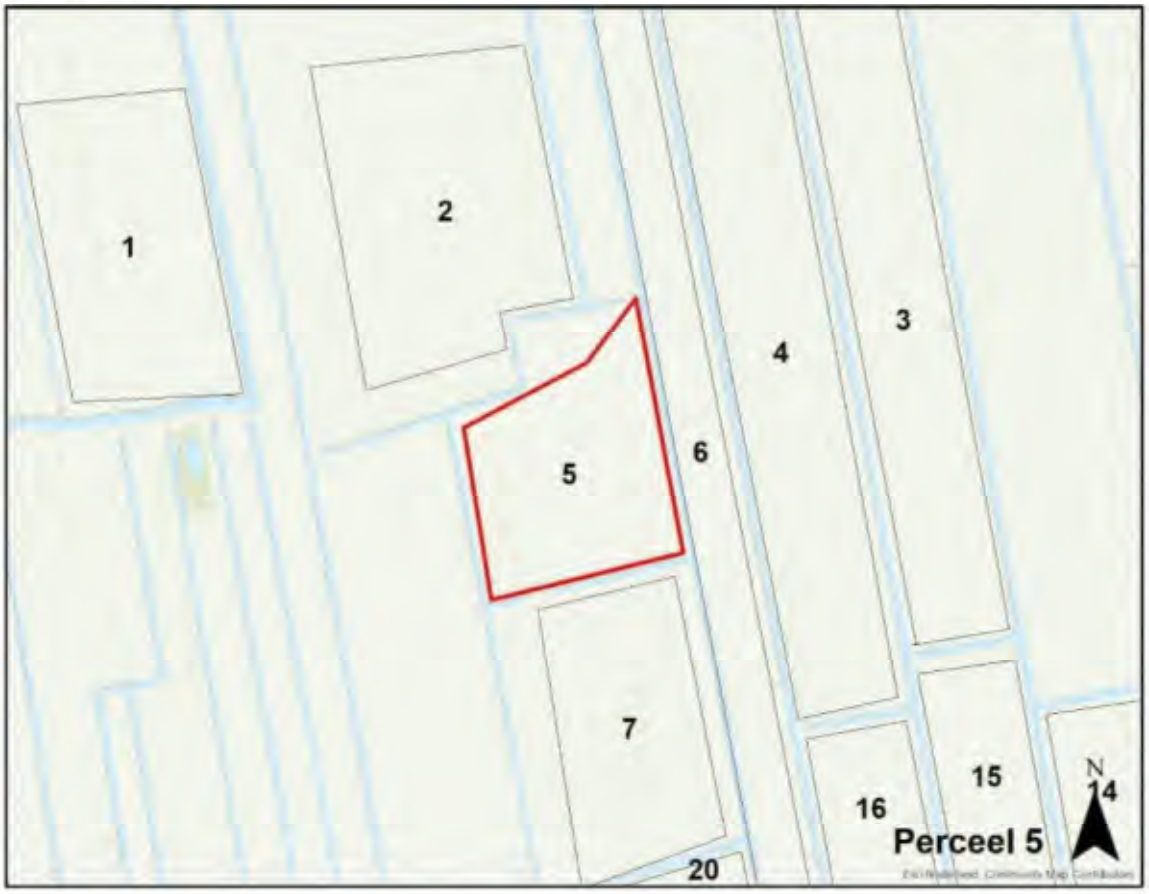
Ca/ Mg verhouding 2,05 : 1 wat erg laag is voor deze bodem, dit betekent dat er een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. Op dit perceel lijkt iets meer met kali pieken te zijn bemest in het verleden(vaak een gevolg van onhandig drijfmestgebruik) De stikstof huishouding is redelijk goed, nitraat iets lager dan ammonium wat duidt op een redelijk goede omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Erg laag fosfaat, te weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit. Door de lage pH is er ook meer aluminium dan gewenst op de bezetting van het CEC.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 1

5.3.6 Perceel 5

Kaartbeeld



Foto's perceel

Toelichting vanuit het veld

Klei op veen (klei is hard). De vegetatie bevat gestreepte witbol en pitrus. Verder is er veel mos aanwezig.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 5	13,79	23,77	5,1	11,1	2,2:1	14	16	22	3700	1033	448	116	190	45
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 5	1,88	1342	105	0,76	13	0,11	1,81	146	34,8	16,2	2,2	1,0	4,0	42
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 5 (monster VIC 2111006)

Lichte kleigrond met mogelijk veenresten. CEC 13,79 . pH water 5,1 , Organische stof 11,1 %

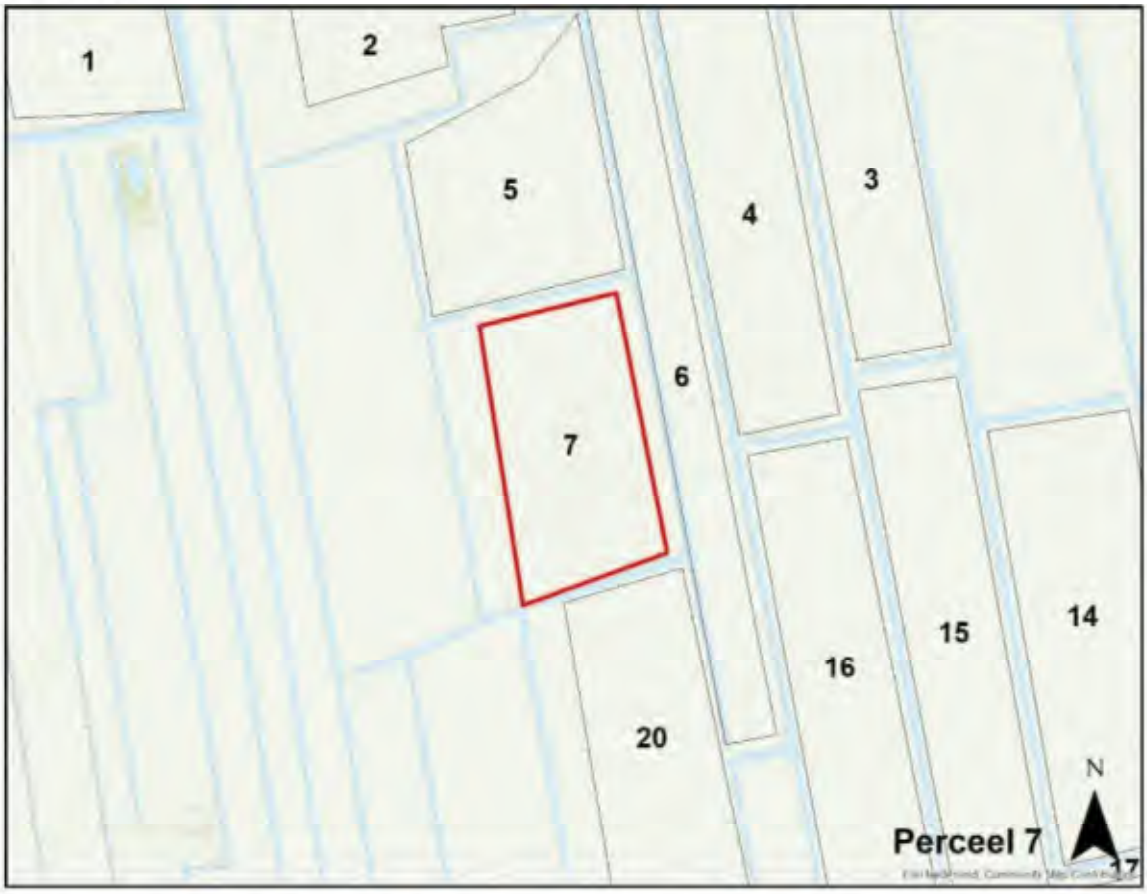
Ca/ Mg verhouding 2,15 : 1 wat erg laag is voor deze bodem, dit betekent dat er een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. Op dit perceel lijkt iets meer met kali pieken te zijn bemest in het verleden(vaak een gevolg van onhandig drijfmestgebruik) De stikstof huishouding is redelijk goed, nitraat iets lager dan ammonium wat duidt op een redelijk goede omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Erg laag fosfaat, te weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit. Door de lage pH is er ook meer aluminium dan gewenst op de bezetting van het CEC.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 1

5.3.7 Perceel 7

Kaartbeeld



Foto's perceel

Toelichting vanuit het veld

Klei op veen, waarbij de klei redelijk stevig is. De vegetatie bestaat uit gestreepte witbol en redelijk veel pitrus.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 7	14,22	25,86	5,0	13,0	2,6:1	19	17	25	4108	963	448	125	143	69
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 7	1,64	1295	116	0,52	15	0,11	1,50	137	35,5	13,9	2,0	0,9	2,8	45
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Tabel resultaten Nova Bioscan perceel

Perceel	Algemeen	Aantallen	Variatie	Aerobe bacterien	Aerobe bacteriën variatie	Aerobe schimmels	Aerobe schimmel variatie	Amoebe	Flagelaten	Nematoden, bacterie voedend	Nematoden,schimmel voedend	Nematoden Nemantoden voedend	Anaerobe bacterien	Anaerobe protozoen: Ciliaten	Anaerobe protozoen: Vorticella	Anaerobe protozoen: Rotifer	Anaerobe nematoden, switchers	Anaerobe nematoden, wortel voedend
Perceel 7 (2111007)	6,5	7,9	4,8	7,9	5,2	5,7	5,3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ref 1 DDP (2110092)	6,2	7,6	4,8	7,3	5,3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ref 4 ML (2110093)	5,7	6,7	5,5	7,9	5,6	5,7	5,4	5,2	4	4	4	4	4	4	6,7	4	4	4

Tabel beoordeling Chroma perceel

			Centrale zone		Binnenste zone	Middelste zone	Buitenste zone			Samenhang zones	
Perceel	Monsternr.	Algemene beoordeling	Kleur Centrum	Grootte centrum	Radiaal-lijnen	Tanden	Versheid organische stof	Humus-wolkjes	Zone tussen de tanden	Onderlinge verhoudingen	Overgang zones
Perceel 7	296,1	5,5	4	5	4	3	2	2	4	4	5
Ref 1	295,17V	7,5	6	6	5	4	5	3	5	6	7
Ref 4	295,18V	6,0	6	3	4	4	3	3	5	4	6

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 7 (monser VIC 2110007)

Het gaat om een bodem met een organische stofgehalte van 13%. Dit percentage zegt nog weinig over de kwaliteit van de organische stof. De uitwisselcapaciteit (CEC 14,22) is vrij laag voor het type grond. Dat komt met name omdat de pH-water van 5,0 laag is. De calcium/magnesiumverhouding is laag, omdat er te weinig calcium aan het klei-humuscomplex zit, terwijl magnesium voldoende hoog is. Deze lage calcium/magnesiumverhouding zorgt ervoor dat zuurstofuitwisseling in de bodem wordt bemoeilijkt, waardoor bodemleven minder goed kan functioneren. Het kaliumgehalte is ook laag. Daarnaast is het aluminiumgehalte hoog. Dat wordt voornamelijk veroorzaakt door de lage pH. Fosfaat is met 25 kg/ha erg laag. Zwavel is goed op orde.

Van de spoorelementen zijn ijzer en kobalt hoog. Met name ijzer is erg hoog. Mangaan en zink vallen binnen het streeftraject. De overige spoorelementen zijn allen te laag. Opvallend is het lage kopergehalte. Silicium is goed op orde. Nitraat en ammonium laten zien dat er al wat mineralisatie heeft plaatsgevonden ten tijde van monstername. Ammonium is gunstig hoger dan nitraat.

Bioscan perceel 7 (monster 210325.1)

In de Novabioscan is te zien dat er redelijke aantallen bacteriën aanwezig zijn, maar erg eenzijdig. Schimmels zijn wel aangetoond, maar zowel laag in aantallen als variatie. Dat duidt op een milieu waarin de vertering van organische stof en stofwisseling moeilijk verloopt. Overige groepen zijn niet aangetoond. Dat duidt op een lage mate van mineralisatie en eiwitvorming.

Chroma perceel 7 (monster 296.1V)

Deze chroma laat met name een slechte organische stofkwaliteit zien. In de buitenste zone is zowel weinig humus- als eiwitvorming te zien. Ook de biologische activiteit is matig. Een oorzaak hiervan is een matige zuurstofvoorziening. Daardoor kan het bodemleven zich niet goed ontwikkelen en functies uitvoeren zoals eiwitvorming, humusvorming en integreren van mineralen in de organische delen.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 1

5.3.8 Perceel 8

Kaartbeeld

Foto's perceel

Korte toelichting uit het veld

Monstername februari

Klei op veen bodem. De klei lijkt taaier dan in het zuiden. Gestreepte witbol met Engels raaigras en hier daar veldzuring. Enkele pollen ridderzuring. Vooralsnog geen pitrus aangetroffen.

Veldbezoek mei

Middendeel waar een greppel gezeten heeft is duidelijk anders qua begroeiing dan de rest van het perceel. Hier is sprake van veel grassendominantie (gestreepte witbol) en weinig kruiden. De overige delen van het perceel vertonen weer het bekende voorjaarsaspect met veldzuring en scherpe boterbloem en links en rechts een pol pinksterbloem. Er is weinig grote vossenstaart in het perceel aanwezig.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 8	16,07	22,95	5,5	8,9	2,0:1	21	14	34	4464	1378	482	146	29	49
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 8	1,99	1299	128	0,65	13	0,11	1,32	179	43,4	22,3	2,4	1,2	0,6	30
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 8 (monster VIC 2111008)

Lichte kleigrond met mogelijk veenresten. CEC 16,07 . Licht verzuurd pH water 5,5 , Organische stof 8,9 %

Ca/ Mg verhouding 1,94 : 1 wat erg laag is voor deze bodem, dit betekent dat er een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. Op dit perceel lijkt iets meer met kali pieken te zijn bemest in het verleden(vaak een gevolg van onhandig drijfmestgebruik) De stikstof huishouding is slecht, nitraat hoger dan ammonium wat duidt op een slechte omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Erg laag fosfaat, te weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 1

5.3.9 Perceel 10

Kaartbeeld

Foto's perceel

Korte toelichting uit het veld

Monstername februari

Klei op veen, gestreepte witbol met Engels raaigras

Veldbezoek mei

Zeer bloemrijk grasland ten tijde van het veldbezoek met de beeldbepalende soorten scherpe boterbloem, veldzuring en pinksterbloem. Langs de randen wat zachte dravik. Plaatselijk is geknikte vossenstaart aanwezig. De grote vossenstaart ontbreekt hier nagenoeg helemaal. Grasland wordt gedomineerd door gestreepte witbol. Er doorheen lopend lijkt er meer productie op het perceel te zitten. De planten zijn hoger en de vegetatie lijkt dikker. Midden in het perceel zit nog een afwijkend deel, wat veel grassiger en minder bloemrijk is.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 10	14,90	18,86	5,8	9,0	2,0:1	28	17	31	4157	1230	392	128	69	58
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 10	1,81	1281	108	0,65	11	0,11	1,32	163	49,2	24,3	2,4	1,3	1,8	21
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Tabel resultaten Nova Bioscan perceel

Perceel	Algemeen	Aantallen	Variatie	Aerobe bacterien	Aerobe bacteriën variatie	Aerobe schimmels	Aerobe schimmel variatie	Amoebe	Flagelaten	Nematoden, bacterie voedend	Nematoden,schimmel voedend	Nematoden Nemantoden voedend	Anaerobe bacterien	Anaerobe protozoen: Ciliaten	Anaerobe protozoen: Vorticella	Anaerobe protozoen: Rotifer	Anaerobe nematoden, switchers	Anaerobe nematoden, wortel voedend
Perceel 10 (2111009)	6,5	7,9	4,8	7,9	5,2	5,6	5,3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ref 1 DDP (2110092)	6,2	7,6	4,8	7,3	5,3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ref 4 ML (2110093)	5,7	6,7	5,5	7,9	5,6	5,7	5,4	5,2	4	4	4	4	4	4	6,7	4	4	4

Tabel beoordeling Chroma perceel

			Centrale zone		Binnenste zone	Middelste zone	Buitenste zone			Samenhang zones	
Perceel	Monsternr.	Algemene beoordeling	Kleur Centrum	Grootte centrum	Radiaal-lijnen	Tanden	Versheid organische stof	Humus-wolkjes	Zone tussen de tanden	Onderlinge verhoudingen	Overgang zones
Perceel 10	296,2	8,0	5	8	7	5	6	4	5	7	7
Ref 1	295,17V	7,5	6	6	5	4	5	3	5	6	7
Ref 4	295,18V	6,0	6	3	4	4	3	3	5	4	6

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 10 (Monster VIC 2111009)

Het gaat om een bodem met een organische stofgehalte van 9%. Dit percentage zegt nog weinig over de kwaliteit van de organische stof. De CEC is 14,92 (uitwisselcapaciteit). De pH-water is met 5,8 wat aan de lage kant (Licht verzuurd). De calcium/magnesiumverhouding is erg laag, omdat er te weinig calcium aan het klei-humuscomplex zit, terwijl magnesium erg hoog is. Deze lage calcium/magnesiumverhouding zorgt ervoor dat zuurstofuitwisseling in de bodem wordt bemoeilijkt, waardoor bodemleven minder goed kan functioneren. Het kaliumgehalte is op orde. Het aluminiumgehalte is wat hoog. Dat duidt op een matig bodemleven.

Fosfaat is met 31 kg/ha erg laag. Zwavel is wat aan de lage kant.

Van de spoorelementen zijn ijzer en kobalt hoog. Met name ijzer is erg hoog. Mangaan en zink vallen binnen het streeftraject. De overige spoorelementen zijn allen te laag. Opvallend is het lage kopergehalte. Silicium is goed op orde. Nitraat en ammonium laten zien dat er al wat mineralisatie heeft plaatsgevonden ten tijde van monstername. Nitraat is hoger dan ammonium, wat erop duidt dat het bodemleven de nitraat onvoldoende stabiliseert.

Bioscan perveel 10 (monster 210325.2)

In de Novabioscan is te zien dat er redelijke aantallen bacteriën aanwezig zijn, maar erg eenzijdig. Schimmels zijn wel aangetoond, maar zowel laag in aantallen als variatie. Dat duidt op een milieu waarin de vertering van organische stof en stofwisseling moeilijk verloopt. Overige groepen zijn niet aangetoond. Dat duidt op een lage mate van mineralisatie en eiwitvorming.

Chroma perceel 10 (monster 296.2V)

Deze chroma ziet er over het algemeen behoorlijk uit. Met name de radiaallijnen tekenen zich goed af. Dat is een teken dat de doorluchting goed op orde is en dat het proces van binding van mineralen met organische delen goed verloopt. De geleidelijke overgang tussen de zones laat deze integratie van minerale met organische delen ook zien. De humus- en eiwitvorming is matig.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie advies onder perceel 1.

5.3.10 Perceel 11

Kaartbeeld

Foto's perceel

Korte toelichting uit het veld

Monstername februari: Een vrij harde kleilaag, lijkt vooral gedomineerd door gestreepte witbol en Engels raaigras.

Veldbezoek mei: Sterk vergrast perceel, vooral het middendeel. Naar de randen meer ruimte voor kruiden. Vooral een dominantie van gestreepte witbol. Hiertussen staat nog scherpe boterbloem, pinksterbloem (diffuus verspreid over perceel), veldzuring (beeldbepalend). Grote vossenstaart komt her en der met een plukje voor evenals zachte dravik. De voorgaande dagen heeft het geregend. Tijdens het veldbezoek was dit perceel best sompig. Water kan hier op een of andere manier maar moeilijk weg. Mogelijk zit hier een bodemstructuur probleem. Ook tijdens monstername werd de toplaag als 'hard' beoordeeld.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 11	13,54	19,34	5,5	12,6	2,4:1	23	12	36	3978	988	363	110	72	76
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 11	1,66	1286	110	0,49	17	0,11	1,84	114	45,9	19,0	2,2	1,1	1,8	30
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 11 (monster VIC 2111010)

Lichte kleigrond met mogelijk veenresten. CEC 13,54 . Licht verzuurd pH water 5,5 , Organische stof 12,6 %.

Ca/ Mg verhouding 2,42 : 1 wat erg laag is voor deze bodem, dit betekent dat er een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. Op dit perceel lijkt iets meer met kali picken te zijn bemest in het verleden(vaak een gevolg van onhandig drijfmestgebruik) De stikstof huishouding is slecht, nitraat hoger dan ammonium wat duidt op een slechte omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Erg laag fosfaat, te weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 1

5.3.11 Perceel 12

Kaartbeeld

Foto's perceel

Korte toelichting uit het veld

Monstername februari

Perceel heeft tot nu toe het meest de uitstraling van een productieperceel. Er lijkt ook Engels raaigras in te zitten. In basis is dit een klei op veen-perceel. bij 1 steek boorden we veen aan vijf cm - mv. Deze steek niet meegenomen bij de monstername. Bij andere steken zat veen op 20 cm of dieper.

Veldbezoek mei

Perceel heeft aan de westzijde een 10-12 meter brede flauwe oever, welke niet is meegenomen in de monstername. Aangetroffen planten, paardenbloem, pinksterbloem (sporadisch), grote vossenstaart, veldzuring, scherpe boterbloem. Deze komen in haarden voor. Gestreepte witbol komt ook voor en maakt een redelijk aandeel uit in de vegetatie. Het viel ten tijde van het veldbezoek minder op, aangezien de stengelstrekking en de daarmee gepaard gaande paarse bloeiaren nog nauwelijks op gang gekomen was. Midden van het perceel vertoont een wat andere vegetatie (vooral grassen) dan de rest, Het westelijk deel heeft een redelijke dominantie van grote vossenstaart. Verder is er al reukgras in het perceel aanwezig evenals zachte dravik, wat respectievelijk duidt op een plaatselijk beperkt voedselaanbod en een open bodem.

Op de geplagde delen wordt de jonge vegetatie gekenmerkt door een sterke overlap in soorten die ook op de rest van het perceel staan. Aanvullend zijn geknikte vossenstaart, kruipende boterbloem, akkervlooltje, moerasrolklaver en rode klaver aangetroffen. In de slootkant staat wolfspoot, watermunt, pijptorkruid? en in de sloot zelf kikkerbeet.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 12	11,58	15,86	5,6	12,1	2,5:1	28	17	87	3510	831	296	99	25	47
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 12	1,79	1104	60	0,96	22	0,11	0,76	84	49,4	19,5	2,1	1,2	0,8	27
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 12 (monster VIC 2111011)

Lichte zavel / kleigrond met mogelijk veenresten. CEC 11,58 . Licht verzuurd pH water 5,6 , Organische stof 12,1 %

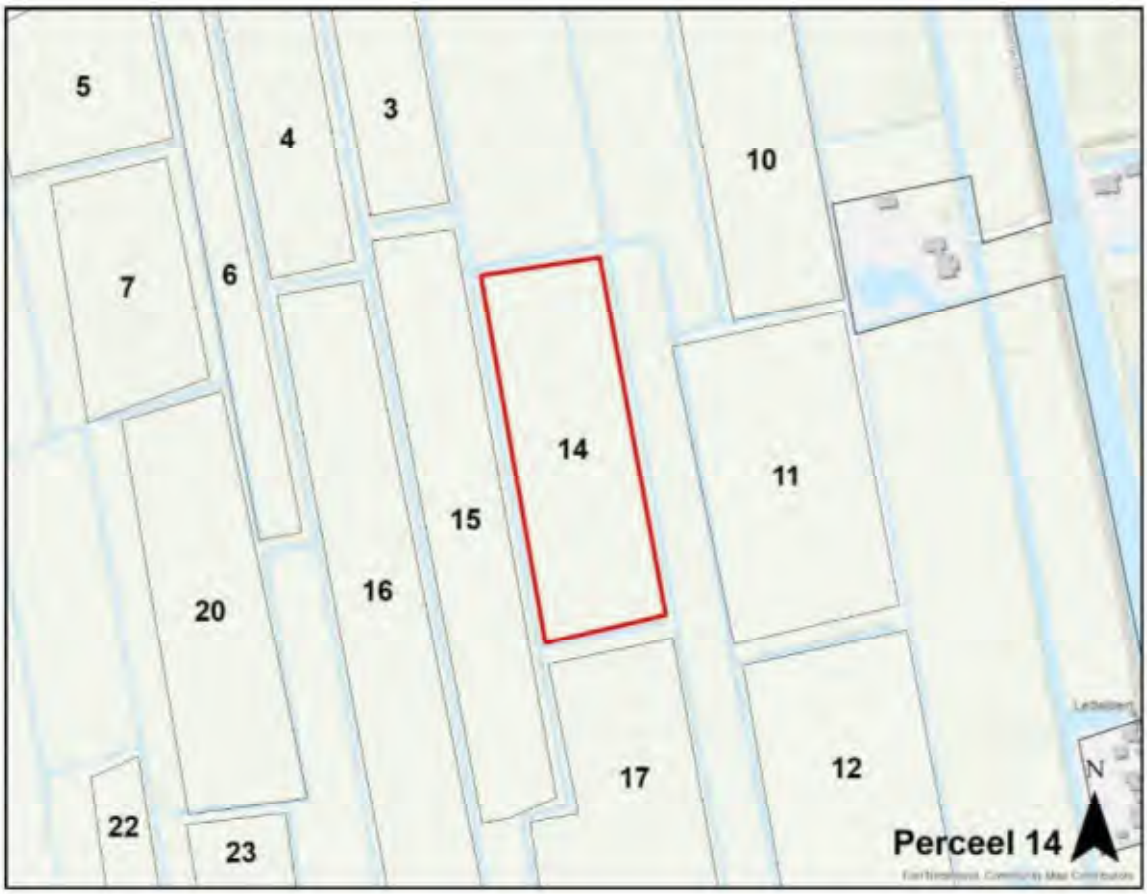
Ca/ Mg verhouding 2,53 : 1 wat erg laag is voor deze bodem, dit betekent dat er een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. Op dit perceel lijkt iets meer met kali pieken te zijn bemest in het verleden(vaak een gevolg van onhandig drijfmestgebruik) De stikstof huishouding is slecht, nitraat hoger dan ammonium wat duidt op een slechte omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Erg laag fosfaat, te weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

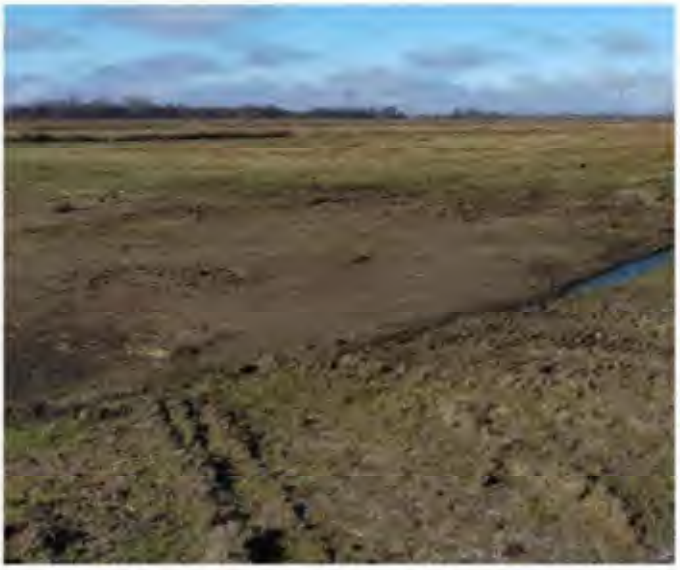
Zie perceel 1

5.3.12 Perceel 14

Kaartbeeld



Foto's perceel



Korte toelichting uit het veld

Stugge klei op veen. Platliggende gestreepte witbol, nagenoeg geen pitrus aanwezig.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 14	11,55	18,05	5,3	13,1	2,6:1	9	11	22	3145	732	381	110	233	58
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 14	1,52	1382	94	0,61	18	0,11	1,61	113	38,9	15,1	2,4	1,2	6,4	36
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 14 (monster VIC 2111012)

Lichte zavel / kleigrond met mogelijk veenresten. CEC 11,55 . Licht verzuurd pH water 5,3 , Organische stof 13,1%

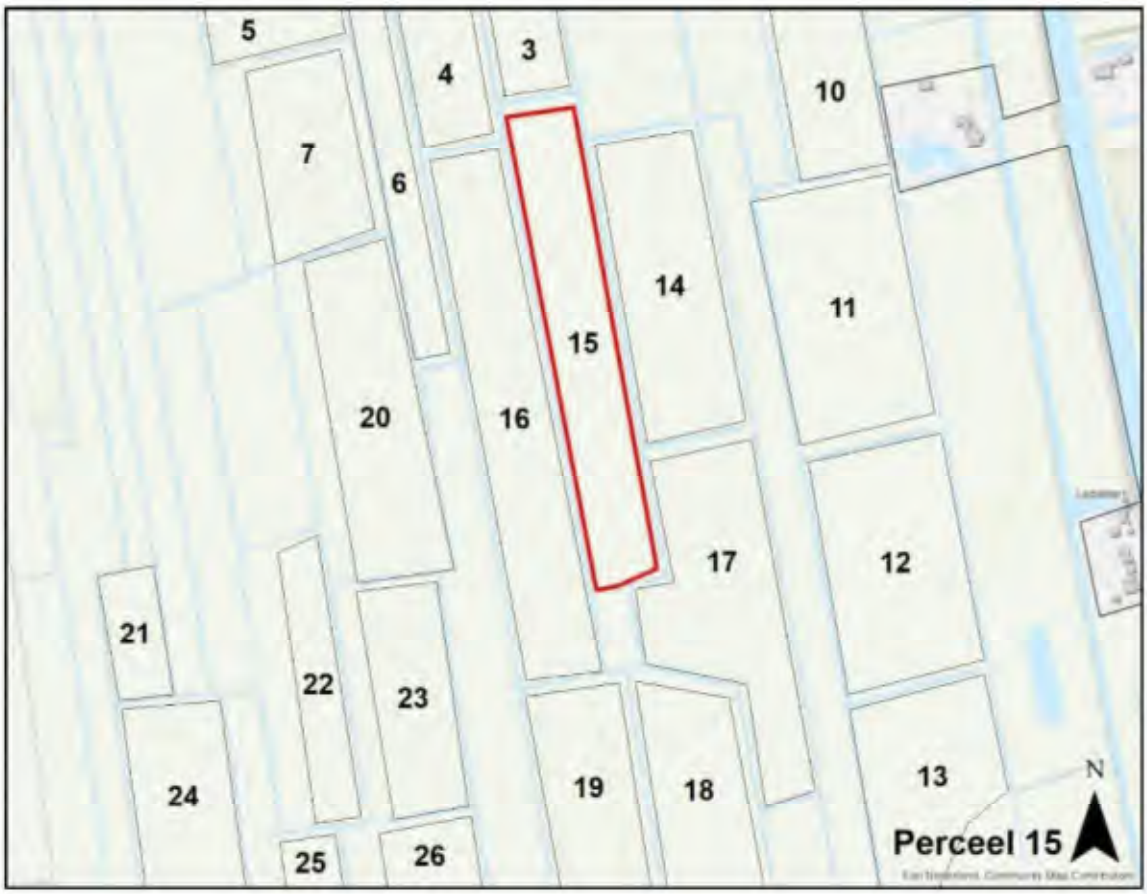
Ca/ Mg verhouding 2,58 : 1 wat erg laag is voor deze bodem, dit betekent dat er een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. Op dit perceel lijkt iets meer met kali picken te zijn bemest in het verleden(vaak een gevolg van onhandig drijfmestgebruik) De stikstof huishouding is redelijk goed, nitraat iets lager dan ammonium wat duidt op een redelijk goede omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Erg laag fosfaat, te weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit. Door de lage pH is er ook meer aluminium dan gewenst op de bezetting van het CEC.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 1

5.3.13 Perceel 15

Kaartbeeld



Foto's perceel niet aanwezig

Korte toelichting uit het veld

Stevige klei op veen. Witbol aanwezig.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 15	12,74	16,76	5,7	12,0	3,4:1	15	18	36	3947	703	379	119	130	49
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 15	1,39	1147	128	0,83	16	0,11	1,10	115	52,6	15,6	2,6	1,4	3,9	24
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 15 (monster VIC 2111013)

Lichte zavel / kleigrond met mogelijk veenresten. CEC 12,73 . Licht verzuurd pH water 5,7 , Organische stof 12 %

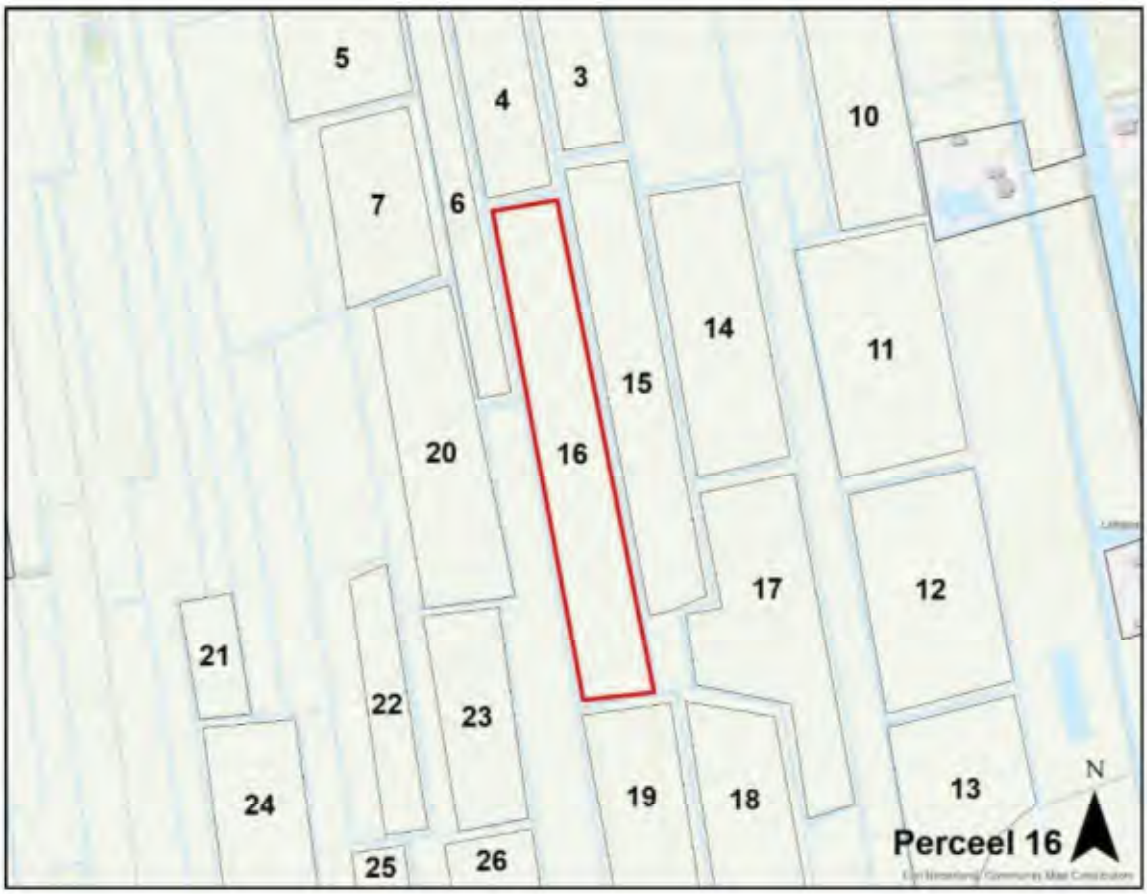
Ca/ Mg verhouding 3,37 : 1 wat laag is voor deze bodem, dit betekent dat er een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. Op dit perceel lijkt iets meer met kali pieken te zijn bemest in het verleden(vaak een gevolg van onhandig drijfmestgebruik) De stikstof huishouding is redelijk goed, nitraat iets lager dan ammonium wat duidt op een redelijk goede omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Erg laag fosfaat, te weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit. Door de lage pH is er ook meer aluminium dan gewenst op de bezetting van het CEC.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 1

5.3.14 Perceel 16

Kaartbeeld



Foto's perceel

Korte toelichting uit het veld

Harde kleilaag met een beetje veen. De vegetatie bestaat o.a. uit gestreepte witbol en een redelijk aandeel pitrus (ook middenin het perceel).

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 16	11,27	17,61	5,3	13,5	2,9:1	21	18	40	3136	656	513	103	211	60
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 16	1,61	1230	134	0,76	18	0,13	1,43	103	39,8	13,9	3,3	1,1	5,9	36
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 16 (monster VIC 2111014)

Lichte zavel / kleigrond met mogelijk veenresten. CEC 11,27 . Licht verzuurd pH water 5,3 , Organische stof 13,5%

Ca/ Mg verhouding 2,87 : 1 wat te laag is voor deze bodem, dit betekent dat er een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. Op dit perceel lijkt iets meer met kali pieken te zijn bemest in het verleden(vaak een gevolg van onhandig drijfmestgebruik) De stikstof huishouding is slecht, nitraat hoger dan ammonium wat duidt op een slechte omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Erg laag fosfaat, te weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit. Door de lage pH is er ook meer aluminium dan gewenst op de bezetting van het CEC.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 1

5.3.15 Perceel 17

Kaartbeeld

Foto's perceel

Korte toelichting uit het veld

Klei op veen. In het afgegraven deel is goed te zien dat het veen ook goed doorworteld is door alle afgestorven wortels die er in zitten. De vegetatie bestaat uit platgeslagen /legerige gestreepte witbol met hier en daar muizengangen. Er is geen pitrus aanwezig.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel 17

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 17	10,55	15,07	5,5	16,3	3,4:1	19	19	45	3158	556	379	121	155	56
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 17	1,70	1228	92	0,96	22	0,16	1,25	86	46,8	13,7	2,9	1,6	5,1	30
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Tabel resultaten Nova Bioscan perceel 17

Perceel	Algemeen	Aantallen	Variatie	Aerobe bacterien	Aerobe bacteriën variatie	Aerobe schimmels	Aerobe schimmel variatie	Amoebe	Flagelaten	Nematoden, bacterie voedend	Nematoden,schimmel voedend	Nematoden Nemantoden voedend	Anaerobe bacterien	Anaerobe protozoen: Ciliaten	Anaerobe protozoen: Vorticella	Anaerobe protozoen: Rotifer	Anaerobe nematoden, switchers	Anaerobe nematoden, wortel voedend
Perceel 17 (2111015)	6,4	7,8	4,8	7,9	5,2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ref 1 DDP (2110092)	6,2	7,6	4,8	7,3	5,3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ref 4 ML (2110093)	5,7	6,7	5,5	7,9	5,6	5,7	5,4	5,2	4	4	4	4	4	4	6,7	4	4	4

Tabel beoordeling Chroma perceel 17

			Centrale zone		Binnenste zone	Middelste zone	Buitenste zone			Samenhang zones	
Perceel	Monsternr.	Algemene beoordeling	Kleur Centrum	Grootte centrum	Radiaal-lijnen	Tanden	Versheid organische stof	Humus-wolkjes	Zone tussen de tanden	Onderlinge verhoudingen	Overgang zones
Perceel 17	296,3	4,5	5	4	3	3	2	2	3	3	4
Ref 1	295,17V	7,5	6	6	5	4	5	3	5	6	7
Ref 4	295,18V	6,0	6	3	4	4	3	3	5	4	6

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 17 (monster VIC 2111015)

Het gaat om een bodem met een organische stofgehalte van 16,3%. Dit percentage zegt nog weinig over de kwaliteit van de organische stof. De uitwisselcapaciteit (CEC 10,55) is vrij laag voor het type grond met hoog organische stofgehalte. Dat komt met name omdat de pH-water van 5,5 wat laag is (licht verzuurd), maar ook omdat de organische stof niet optimaal bijdraagt aan de bindingscapaciteit. De calcium/magnesiumverhouding is erg laag, omdat er te weinig calcium aan het klei-humuscomplex zit, terwijl magnesium erg hoog is. Deze lage calcium/magnesiumverhouding zorgt ervoor dat zuurstofuitwisseling in de bodem wordt bemoeilijkt, waardoor bodemleven minder goed kan functioneren. Het kaliumgehalte is op orde. Het aluminiumgehalte is hoog. Dat duidt op een slecht bodemleven.
Fosfaat is met 45 kg/ha erg laag. Zwavel is wat aan de lage kant.
Van de spoorelementen zijn ijzer en kobalt hoog. Met name ijzer is erg hoog. Mangaan en zink vallen binnen het streeftraject. De overige spoorelementen zijn allen te laag. Opvallend is het lage kopergehalte. Silicium is goed op orde. Nitraat en ammonium laten zien dat er al wat mineralisatie heeft plaatsgevonden ten tijde van monstername.

Bioscan perceel 17 (monster 210325.3)

De Nova bioscan laat een zeer matig ontwikkeld bodemvoedselweb zien. Er zijn alleen bacteriën gevonden, in goede aantallen, maar slechte variatie. Schimmels, protozoën en positieve nematoden zijn allen niet gevonden. Omdat niet alle hoofdgroepen goed vertegenwoordigd zijn, kan dat problemen geven met de organische omzetting, vertering en mineralenbeschikbaarheid en -binding.

Chroma perceel 17 (monster 296.3V)

Deze chroma laat met name een slechte organische stofkwaliteit zien. In de buitenste zone is nauwelijks humus- en eiwitvorming te zien. Ook de biologische activiteit is zeer matig. Een oorzaak hiervan is een matige zuurstofvoorziening. Daardoor kan het bodemleven zich niet goed ontwikkelen en moeilijk functies moeilijk uitvoeren zoals eiwitvorming, humusvorming en integreren van mineralen in de organische delen. Verklaart ook grotendeels de relatief lage CEC van de bodem.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 1

5.3.16 Perceel 18

Kaartbeeld

Foto's perceel

Korte toelichting uit het veld

Twintig centimeter klei op veen. Fijne, mooie open kleigrond met veel wormen (veel wormenhoopjes op het maaiveld). De toplaag is goed doorworteld. De bodem voelt zacht, ook tijdens het lopen. Er is geen pitrus aanwezig, wel gestreepte witbol.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 18	10,034	18,93	4,9	12,14	4,7:1	17	26	58	3353	426	296	83	94	52
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 18	1,68	887	139	0,52	23	0,11	1,39	60	39,5	8,4	1,8	0,85	2,5	47
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 18 (monster VIC 2110071)

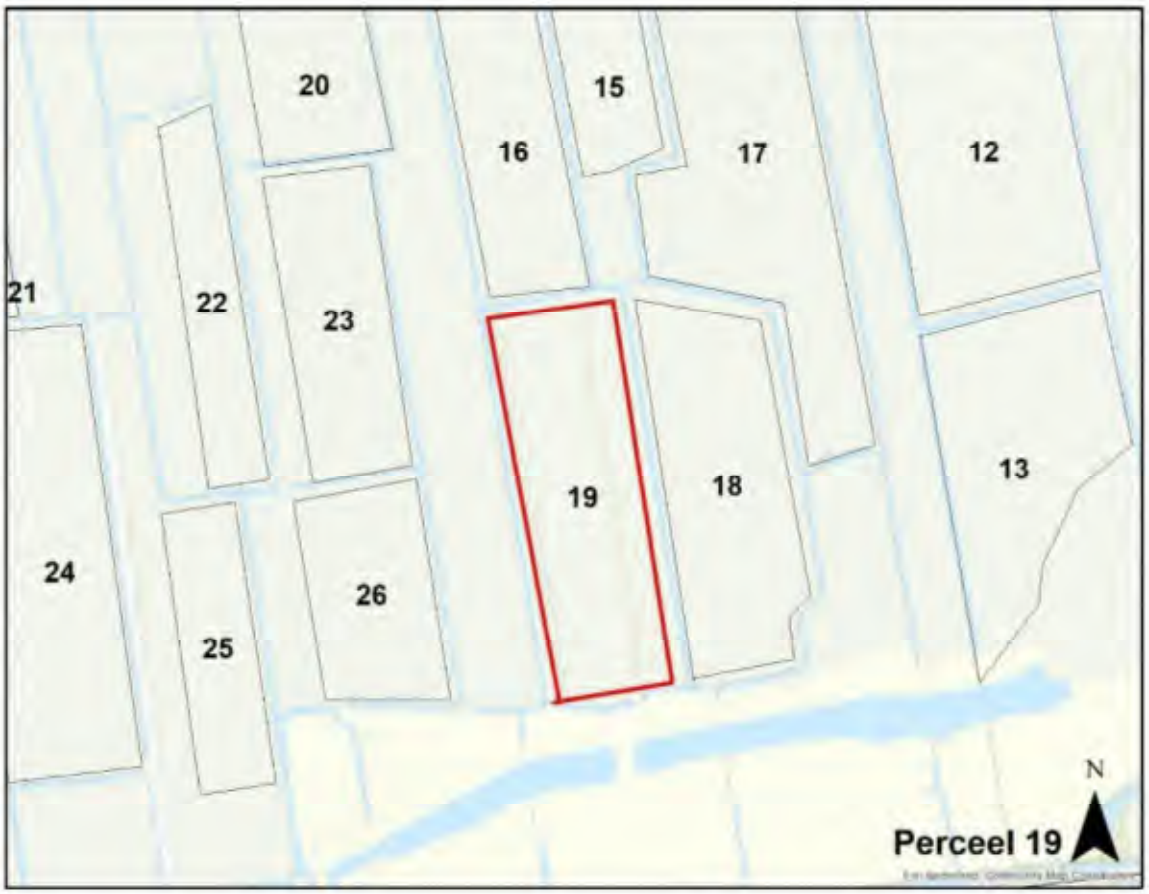
"Zand of lichte zavelgrond" met mogelijke veenresten. CEC 10,03 . sterk verzuurd pH water 4,9 , Organische stof 12,1%. Ca/ Mg verhouding 4,73 : 1 is te laag is voor deze bodem, dit betekent dat er mogelijk een laag zuurstofniveau is op porie niveau. Dit is een slechte voorwaarde voor het bodemleven. De stikstof huishouding is redelijk op orde. Nitraatwaarden zijn lager dan ammoniumwaarden wat duidt op een redelijke omzetting in de bodem. Toch zijn de nitraatwaarden redelijk hoog. Dit heeft een relatie met het relatief hoge organische stofpercentage. Er is sprake van een lage fosfaatwaarde en er is weinig calcium beschikbaar. Dit zie je ook terug in de lage zuurgraad. Voorts is sporenelement koper laag. Molybdeen is ook laag. Dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit. Door de lage pH is er ook meer aluminium dan gewenst op de bezetting van het CEC.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 1

5.3.17 Perceel 19

Kaartbeeld



Foto's perceel

Korte toelichting uit het veld

Deels zandige kleibodem. Sommige steken volledig klei. Tot 20 cm diepte in ieder geval goed doorworteld. Midden in het perceel is een nieuw rijpad aangelegd. Deze is niet meegenomen in de bemonstering. Vooral aan de westkant van het rijpad is diffuus verspreid pitrus in redelijke hoeveelheid aanwezig. Aan de oostzijde van het pad staat ook pitrus, maar aanzienlijk minder.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 19	11,00	20,75	4,9	15,63	4,0:1	19	26	56	3506	526	385	105	114	65
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 19	1,39	941	94	0,45	27	0,11	1,39	56	37,7	9,4	2,1	0,98	2,7	47
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem balans analyse perceel 19 (Monster VIC 2110072)

Het betreft hier een zand of lichte zavelgrond met veenresten. CEC 11,00 . sterk verzuurd pH water 4,9 , Organische stof 15,6% .

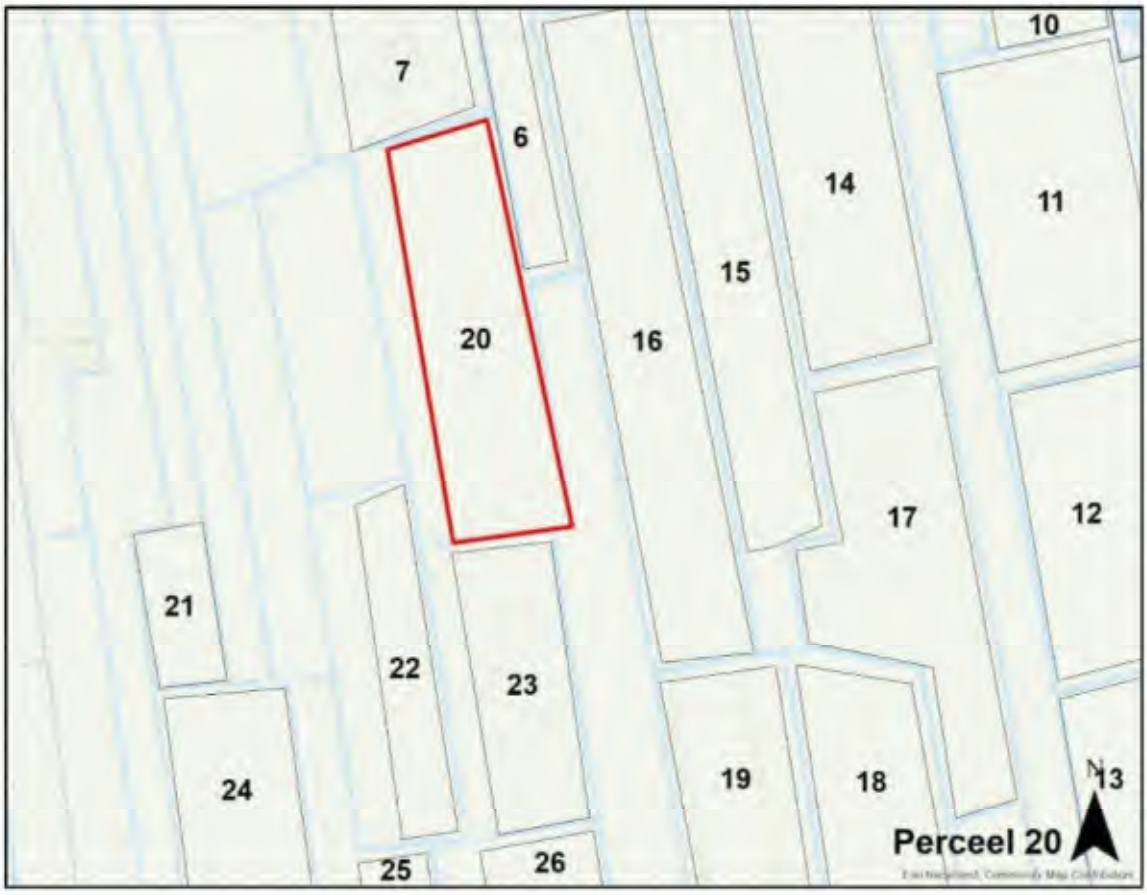
Ca/ Mg verhouding 3,99 : 1 wat te laag is voor deze bodem, dit betekent dat er mogelijk een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. De stikstof huishouding is redelijk, nitraat lager dan ammonium wat duidt op een redelijke omzetting in de bodem, wel aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Laag fosfaat, weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit. Door de lage pH is er ook meer aluminium dan gewenst op de bezetting van het CEC.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 1

5.3.18 Perceel 20

Kaartbeeld



Foto's perceel

Korte toelichting uit het veld

Klei op veen (op zand). Kleilaag vrij hard. De vegetatie bestaat uit gestreepte witbol met zeer veel pitrus.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 20	12,82	25,14	4,8	16,8	2,8:1	14	26	52	3781	811	405	114	137	99
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	186	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 20	1,39	1015	96	0,45	25	0,11	1,84	73	33,6	12,0	1,9	0,88	2,7	49
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 2 (Monster VIC 2110073)

Het betreft hier een lichte zavelgrond met veenresten. CEC 12,82 . sterk verzuurd pH water 4,8 , Organische stof 16,8%

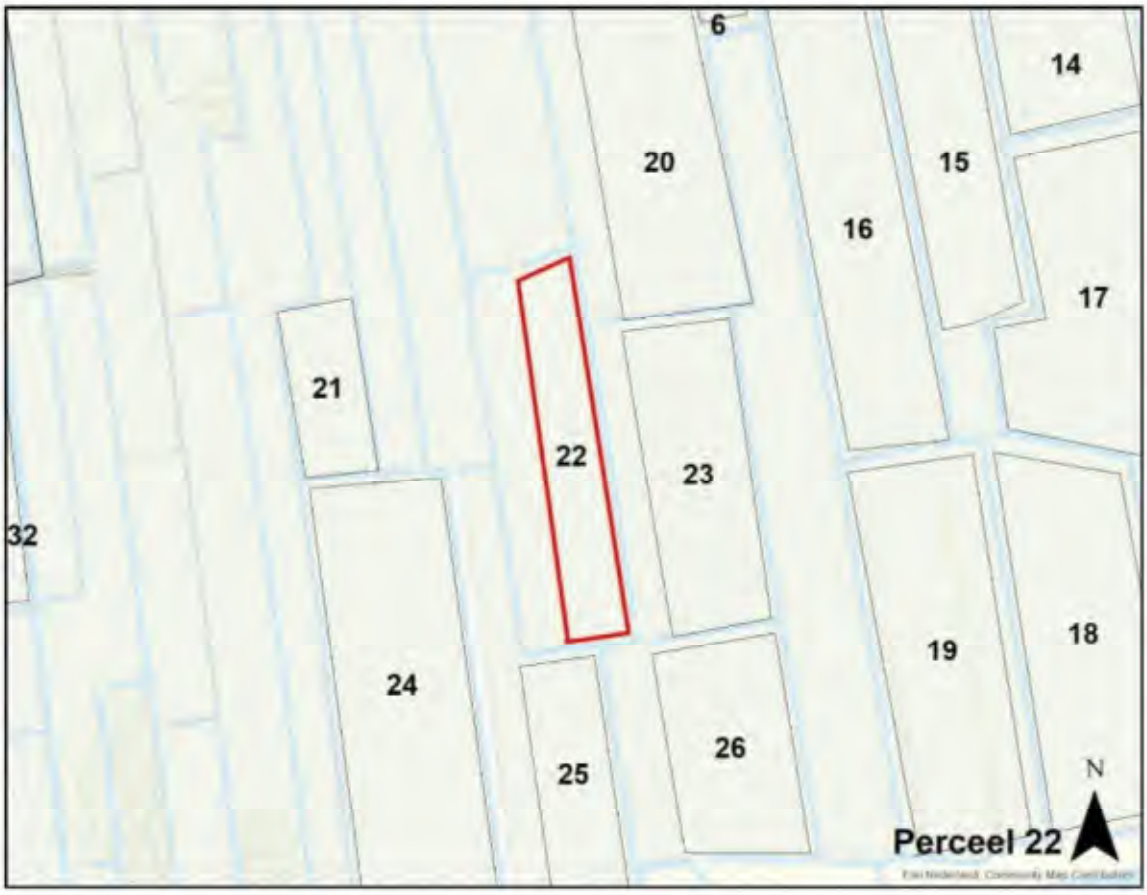
Ca/ Mg verhouding 2,8 : 1 wat erg laag is voor deze bodem, dit betekent dat er mogelijk een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. De stikstof huishouding is redelijk, nitraat lager dan ammonium wat duidt op een redelijke omzetting in de bodem, wel aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Laag fosfaat, weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit. Door de lage pH is er ook meer aluminium dan gewenst op de bezetting van het CEC.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

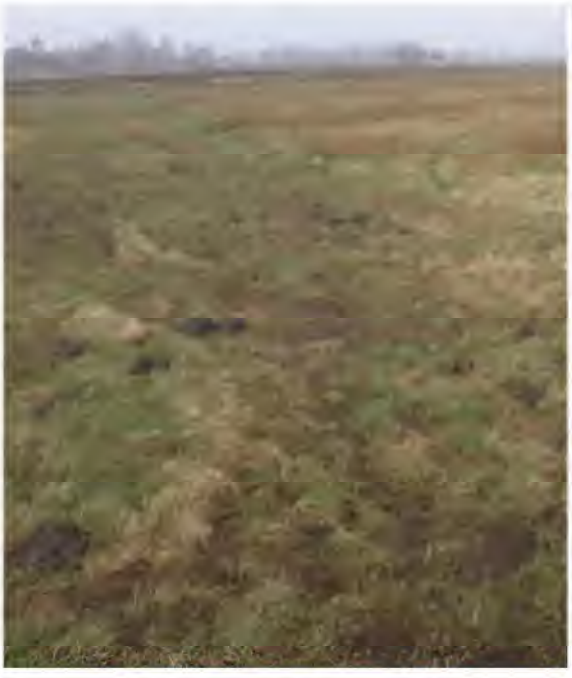
Zie perceel 1

5.3.19 Perceel 22

Kaartbeeld



Foto's perceel



Korte toelichting uit het veld

Klei op veen. Zand zit op meer dan 80 cm beneden maaiveld. De vegetatie bestaat uit gestreepte witbol met veel pitrus.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 22	13,88	25,23	5,0	14,84	3,5:1	16	20	36	4426	753	363	116	112	81
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 22	1,55	1026	103	0,45	22	0,11	1,79	71	39,2	11,1	1,7	0,90	2,2	45
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 22 (monster VIC 2110074)

Het betreft hier een lichte zavelgrond met veenresten. CEC 13,88 . sterk verzuurd pH water 5,0 , Organische stof 14,8%

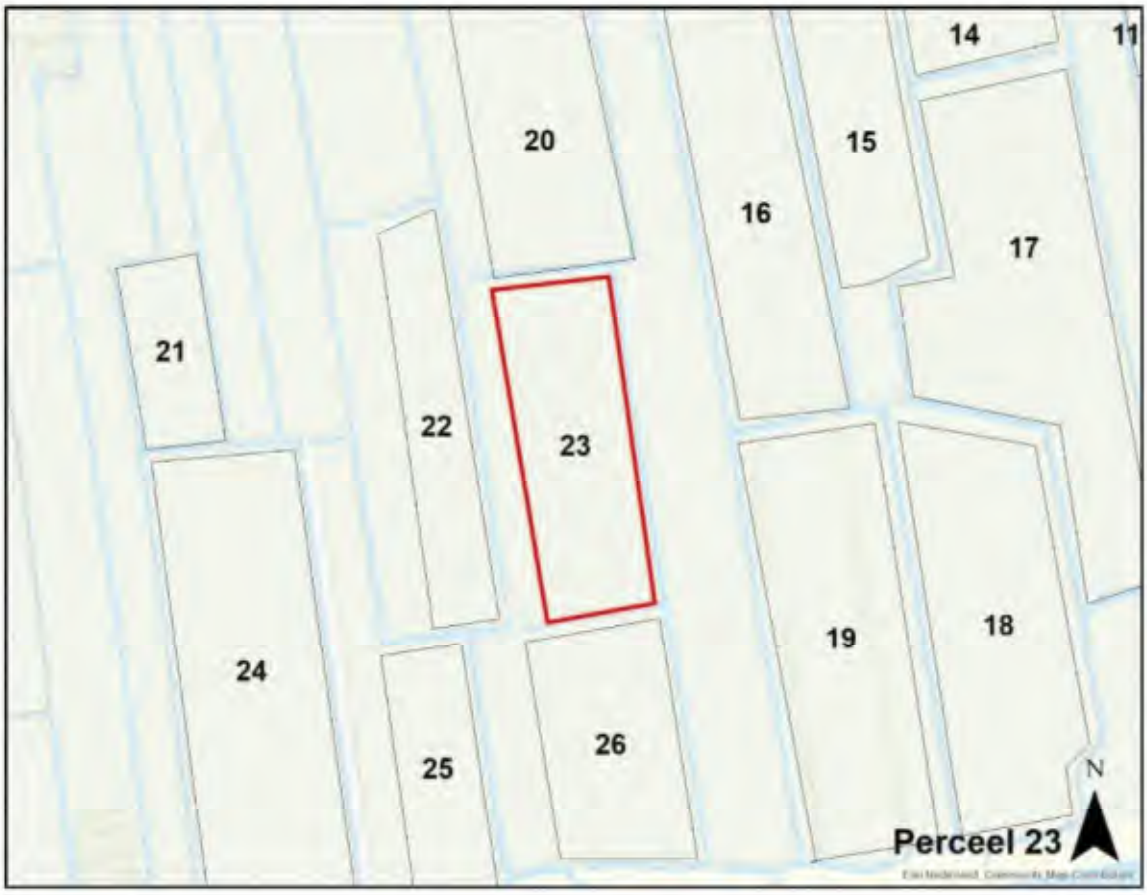
Ca/ Mg verhouding 3,53 : 1 wat erg laag is voor deze bodem, dit betekent dat er mogelijk een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. De stikstof huishouding is redelijk, nitraat lager dan ammonium wat duidt op een redelijke omzetting in de bodem, wel aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Laag fosfaat, weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit. Door de lage pH is er ook meer aluminium dan gewenst op de bezetting van het CEC.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 1

5.3.20 Perceel 23

Kaartbeeld



Foto's perceel

Korte toelichting uit het veld

Klei op veen, klein beetje organische stof. De vegetatie bestaat uit gestreepte witbol met veel pitrus. Binnen het perceel is geen verschil te zien in het beheer.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel (BBA)

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 23	11,26	20,46	5,0	16,53	3,5:1	15	21	45	3584	620	318	105	76	74
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 23	1,39	965	67	0,45	19	0,11	1,70	52	39,1	11,3	1,8	1,00	1,9	45
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Tabel resultaten Nova Bioscan perceel

Perceel	Algemeen	Aantallen	Variatie	Aerobe bacterien	Aerobe bacteriën variatie	Aerobe schimmels	Aerobe schimmel variatie	Amoebe	Flagelaten	Nematoden, bacterie voedend	Nematoden,schimmel voedend	Nematoden Nemantoden voedend	Anaerobe bacterien	Anaerobe protozoen: Ciliaten	Anaerobe protozoen: Vorticella	Anaerobe protozoen: Rotifer	Anaerobe nematoden, switchers	Anaerobe nematoden, wortel voedend
Perceel 23 (2110075)	7,0	8	5,4	7,9	5,6	5,7	5,4	5,2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ref 1 DDP (2110092)	6,2	7,6	4,8	7,3	5,3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ref 4 ML (2110093)	5,7	6,7	5,5	7,9	5,6	5,7	5,4	5,2	4	4	4	4	4	4	6,7	4	4	4

Tabel beoordeling Chroma perceel 23

			Centrale zone		Binnenste zone	Middelste zone	Buitenste zone			Samenhang zones	
Perceel	Monsternr.	Algemene beoordeling	Kleur Centrum	Grootte centrum	Radiaal-lijnen	Tanden	Versheid organische stof	Humus-wolkjes	Zone tussen de tanden	Onderlinge verhoudingen	Overgang zones
Perceel 23	295,15	6,0	6	4	4	5	3	3	5	4	7
Ref 1	295,17V	7,5	6	6	5	4	5	3	5	6	7
Ref 4	295,18V	6,0	6	3	4	4	3	3	5	4	6

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 23 (monster 2110075)

Het gaat om een bodem met een organische stofgehalte van 16,5%. Dit percentage zegt nog weinig over de kwaliteit van de organische stof. De uitwisselcapaciteit (CEC 11,25) is vrij laag voor het type grond. Dat komt met name omdat de pH-water van 5,0 laag is (verzuurd). De calcium/magnesiumverhouding is laag, omdat er te weinig calcium aan het klei-humuscomplex zit, terwijl magnesium goed op orde is. Deze lage calcium/magnesiumverhouding zorgt ervoor dat zuurstofuitwisseling in de bodem wordt bemoeilijkt, waardoor bodemleven minder goed kan functioneren. Het kaliumgehalte is ook laag. Daarnaast is het aluminiumgehalte hoog. Dat wordt voornamelijk veroorzaakt door de lage pH. Fosfaat is met 45 kg/ha erg laag. Zwavel is goed op orde. Van de spoorelementen zijn ijzer en kobalt hoog. Mangaan en zink vallen binnen het streeftraject. De overige spoorelementen zijn allen te laag. Opvallend is het extreem lage kopergehalte. Silicium is wat aan de lage kant. Nitraat en ammonium laten zien dat er al wat mineralisatie heeft plaatsgevonden ten tijde van monstername. Ammonium is gunstig hoger dan nitraat.

Bioscan perceel 23 (monster 210317.25)

Het bodemleven ziet er redelijk stabiel uit, omdat zowel bacteriën, schimmels als protozoa zijn aangetoond, zij het alleen bacteriën in goede aantallen. De bacteriën zijn in lage diversiteit aanwezig. Schimmels zijn vrij laag in zowel aantallen als diversiteit. Dit duidt op een matige mineralenbeschikbaarheid vanuit het organisch deel in de bodem. Protozoa zijn slechts in beperkte mate aangetroffen. Dit zorgt voor een lage mate van mineralisatie. Deze Bioscan duidt op een milieu waarin de vertering van organische stof en stofwisseling moeilijk verloopt en waarbij humusvorming achterblijft.

Chroma perceel 23 (monster 295.15V)

Een Chroma geeft o.a. de samenhang weer tussen bodemleven, koolstof en de mineralen. Deze chroma kenmerkt zich doordat er veel organisch materiaal zichtbaar is, maar weinig humusvorming plaatsvindt. Aan de buitenrand is met name vers/inactief organisch materiaal te zien. Het centrum is erg groot, wat aangeeft dat het verteringsproces niet optimaal verloopt. Er is wel biologische activiteit te zien, maar dit is nog niet optimaal. Er vindt wel enige eiwitvorming plaats, maar de potentie van deze bodem wordt niet optimaal benut, wat zal verbeteren wanneer de biologische processen verbeteren.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 1

5.3.21 Perceel 24

Kaartbeeld

Foto's perceel

Korte toelichting uit het veld

Veraard veen met klei. De vegetatie bestaat uit gestreepte witbol en een beetje pitrus

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 24	14,90	28,12	4,9	23,35	3,7:1	24	28	36	4791	784	399	121	121	125
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 24	1,84	999	166	0,45	23	0,11	0,11	62	38,0	10,4	1,6	0,83	2,1	47
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 24 (monster VIC 2110076)

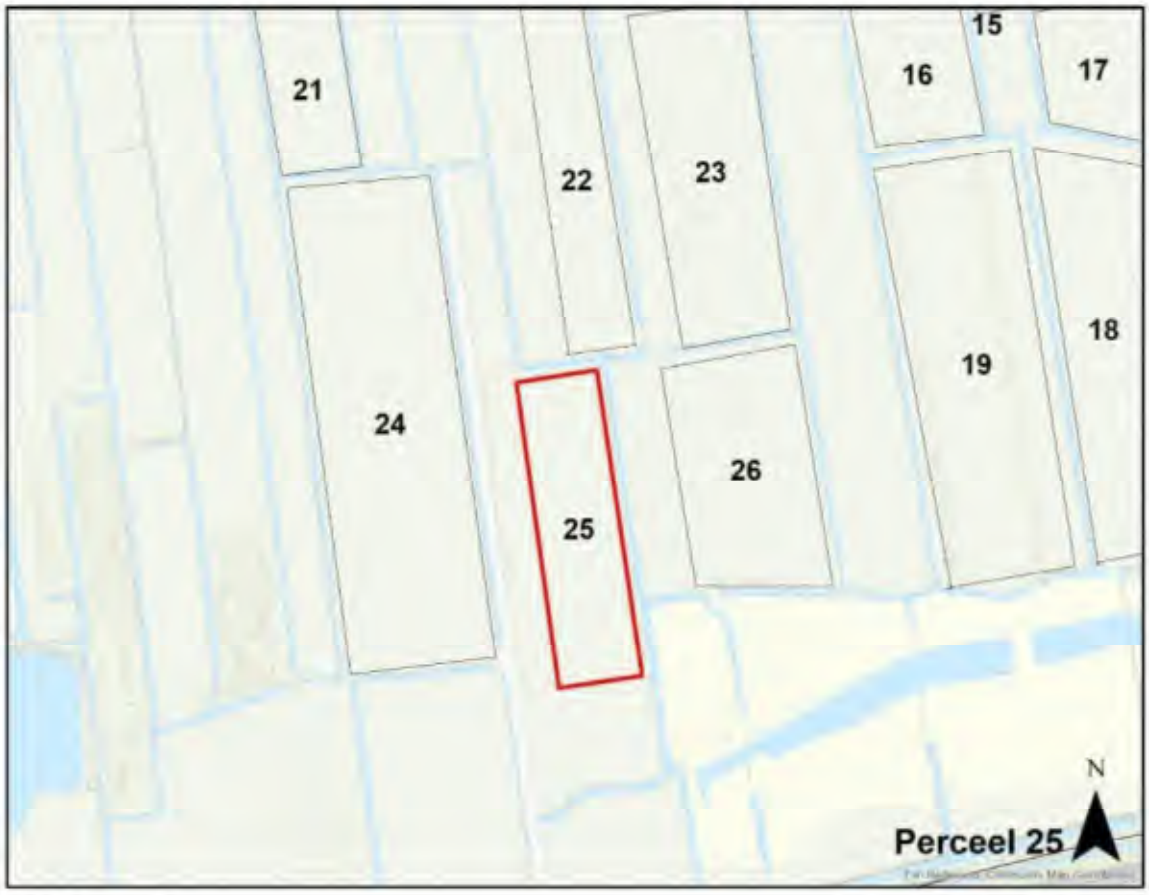
Het betreft hier hoofdzakelijk veengrond. CEC 14,90 . sterk verzuurd pH water 4,9 , Organische stof 23,4% Ca/ Mg verhouding 3,67 : 1 wat erg laag is voor deze bodem, dit betekent dat er mogelijk een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. De stikstof huishouding is redelijk, nitraat lager dan ammonium wat duidt op een redelijke omzetting in de bodem, wel aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Laag fosfaat, weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit. Door de lage pH is er ook meer aluminium dan gewenst op de bezetting van het CEC.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 1

5.3.22 Perceel 25

Kaartbeeld



Foto's perceel

Korte toelichting uit het veld

Kleibodem met hoog gehalte organische stof. Deels nat en hard. Egaal over het perceel is overal pitrus aanwezig.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 25	13,94	24,03	5,1	21,67	3,6:1	15	15	69	4596	773	278	130	47	76
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 25	2,04	1010	159	0,45	18	0,11	1,39	55	42,7	12,0	1,3	1,05	1,0	42
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 25 (Monster VIC 2110077)

Het betreft hier een grond, hoofdzakelijk bestaande uit veen. CEC 13,94 . sterk verzuurd pH water 5,1 , Organische stof 21,7%.

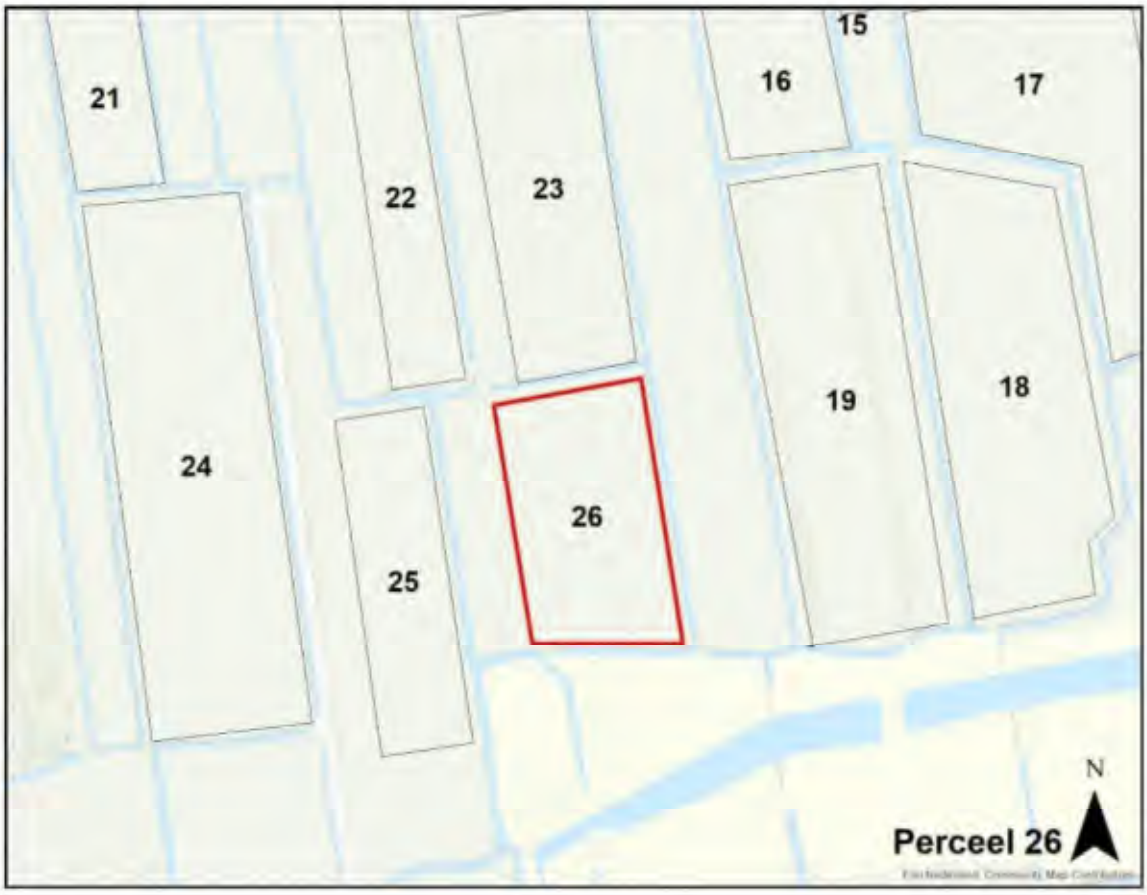
Ca/ Mg verhouding 3,57 : 1 wat erg laag is voor deze bodem, dit betekent dat er mogelijk een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. De stikstof huishouding is redelijk tot zwak, nitraat even hoog dan ammonium wat duidt op een matige omzetting in de bodem, stikstof aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Laag fosfaat, weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit. Door de lage pH is er ook meer aluminium dan gewenst op de bezetting van het CEC.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 1

5.3.23 Perceel 26

Kaartbeeld



Foto's perceel

Korte toelichting uit het veld

Klei op veen, veel organische stof. De vegetatie bestaat uit gestreepte witbol met een beetje pitrus.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 26	10,90	20,56	4,9	14,3	3,8:1	19	18	56	3548	562	305	94	72	58
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 26	1,84	898	116	0,54	19	0,11	1,73	57	38,5	10,2	1,7	0,89	1,7	47
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 26 (monster VIC 2110078)

Dit perceel bestaat uit een zand of lichte zavelgrond met mogelijke veenresten, CEC 10,90 . sterk verzuurd pH water 4,9 , Organische stof 14,3%.

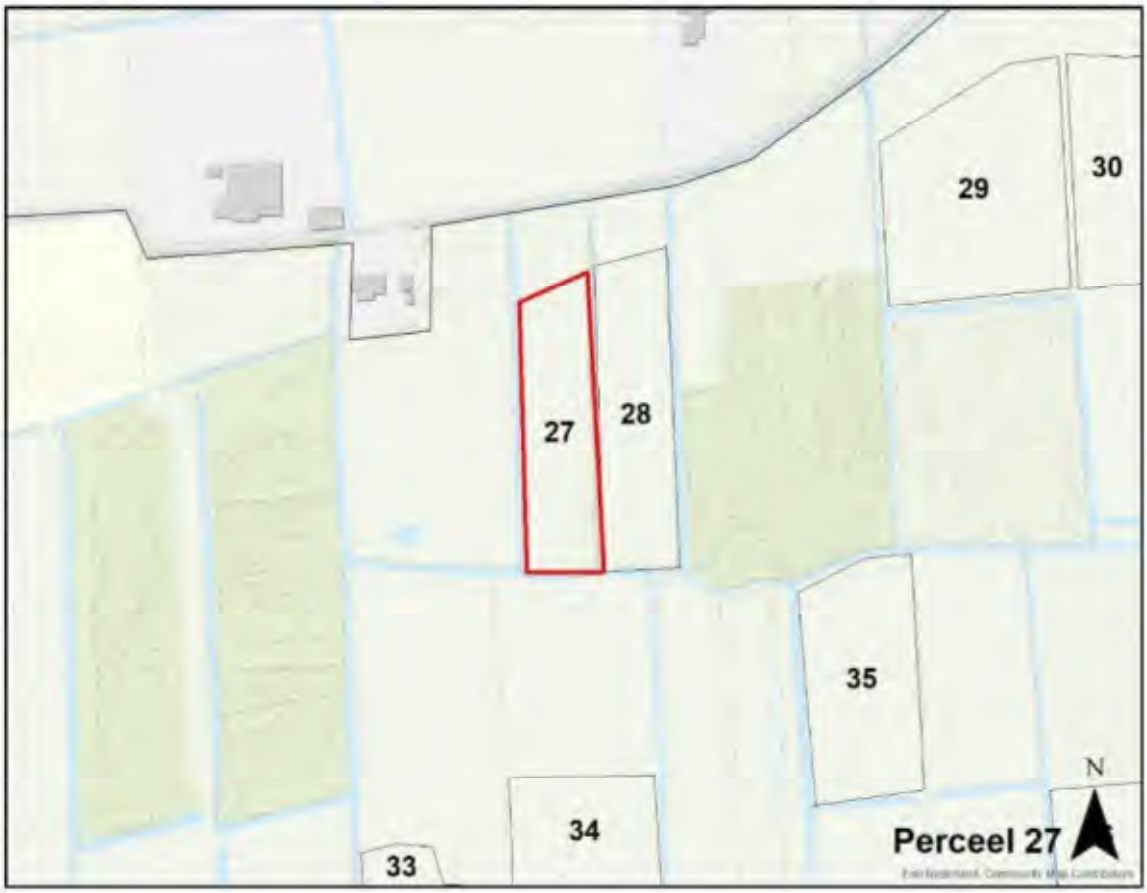
Ca/ Mg verhouding 3,79 : 1 wat erg laag is voor deze bodem, dit betekent dat er mogelijk een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. De stikstof huishouding is matig tot slecht, nitraat iets hoger dan ammonium wat duidt op een slechte omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Laag fosfaat, weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit. Door de lage pH is er ook meer aluminium dan gewenst op de bezetting van het CEC.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 1

5.3.24 Perceel 27, cluster 2: 27 t/m 38 m.u.v. 29, 30 en 34

Kaartbeeld



Foto's perceel

Korte toelichting uit het veld

Veraard veen met een zandlaag op 10-20 cm beneden maaiveld. Vanaf 2/3 van het perceel aan de zuidzijde is een kleilaag aanwezig. Bodem lijkt voedselrijk. De vegetatie wordt gedomineerd door witbol.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 27	9,71	15,17	5,3	11,87	4,3:1	18	15	67	3412	475	164	56	7	45
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 27	1,70	609	27	1,34	15	0,11	0,74	41	50,2	11,7	1,2	0,72	0,2	36
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 27 (monster 2110079)

Het betreft een perceel bestaande uit zandgrond met mogelijke veenresten, CEC 9,71 . verzuurd pH water 5,3 , Organische stof 11,9%

Ca/ Mg verhouding 4,31 : 1 wat laag is voor deze bodem, dit betekent dat er mogelijk een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. De stikstof huishouding is slecht, nitraat hoger dan ammonium wat duidt op een slechte omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Laag fosfaat, weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper en mangaan laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik (Cluster 2).

We gebruiken referentie 3. Deze zit qua bodemtype het dichtst bij dit perceel. Natuurdoeltype voor cluster 2 is vooralsnog N12.02.

Het CEC deze percelen is het meest in de richting van referentie 3. Vooral de bezetting is vergelijkbaar. Organische stofgehalte is zeer wisselend per perceel in dit cluster. Dit is plaatsbaar doordat het zand een hoog gehalte veen bevat. Ca : MG verhouding is lager dan de referentie. Fosfaat van de percelen is vergelijkbaar laag met referentie 3 m.u.v. perceel 28 (zie bij perceel 28).

De calcium beschikbaarheid moet beter worden om het bemestingsverleden te corrigeren maar minder dan bij cluster 1. Hierdoor zal er ook meer zuurstof in de bodem kunnen komen. Dit kan in dit gebied het beste gebeuren met zeeschelpenmeel. Een kleine gipsgift in het voorjaar versneld in het terugbrengen van de

calcium beschikbaarheid. Sea90 brengt de sporenelementen terug en stimuleert het bodemleven. Tevens zorgt dit dat evt. witbol dominantie voorkomen/onderbroken wordt. Steemeel, Vulkamin, voorziet de sporenelementen op de lange termijn (wat zout op de korte termijn doet). Stalmest en bokashi is om de vertering van de organische stof goed door te laten lopen. Met 5 ton/ha wel minder dan bij cluster 1. Als dit niet toegepast zal de stikstof zich onrustig blijven gedragen wat nu ook te zien is. Onrustige stikstof is ongunstig voor het bodemleven en dus diversiteit bovengronds. Door de vaste mest/ bokashi gift voedt je het bodemleven zodat de anorganische (onrustige) stikstof organisch gebonden stikstof wordt.
Indien mogelijk kan het maaisel verwerkt worden tot bokashi? Bij voorkeur maaisel van percelen die verder in de vegetatieve ontwikkeling zijn. Dit zal helpen om het gewenste bodemleven te enten op nog te ontwikkelen percelen. De nu inactieve organische stof kan dan biologisch verbonden worden aan het minerale gedeelte van de bodem.
Om de stikstof rustiger te krijgen is maaien op moment dat meeste eiwit in de plant zit, dus net voor de bloei van belang. Meestal is dit de tweede helft van mei. Dan maaien als dit broedvogel technisch mogelijk is. Mogelijk is het een optie om clusters van percelen kiezen waar op tijd gemaaid gaat worden. En 5 jaar later een ander cluster. Dit zorgt voor spreiding van bloei en structuur binnen de Driepolders. Als het kan een 2de keer maaien in augustus. Voor diversiteitsontwikkeling is nabeweiden erg belangrijk. Het vee zorgt voor variatie door begrazing, betreding en bemesting. Verder leveren de dieren via de darmflora bodemleven. Beweid alleen als de vochtigheid en de draagkracht van de bodem het toelaat. Voorkom zo veel mogelijk vertrapping.

Het chroma van perceel 36, dat binnen dit cluster valt, laat zien dat er een mineralen en sporenelementen te kort is (witte oog ontbreekt, er is geen samenhang, weinig biologische activiteit, veel (oude) organische stof die niet verbonden is aan het minerale (zand) gedeelte van de bodem. Hoewel er veel organische stof aanwezig is moet deze biologisch geactiveerd worden. Er is nu inherte organische stof.

Lange termijn gebruik cluster 2:
Na 5 jaar is het raadzaam om enkele percelen uit cluster 2 nog eens te bemonsteren. Hieruit kan geconcludeerd worden of er nog extra mineralen of bodemleven correcties nodig zijn.

- Af en toe een bemesting van 5 ton/ha met ruige stalmest of bokashi. Ongeveer 1x per 3 jaar als het qua vochtigheid te berijden is. Mogelijk na de eerste snede.
- Om de stikstof nog rustiger te krijgen blijft maaien op moment dat het meeste eiwit in de plant zit, dus net voor de bloei van het dominante gras, van belang.
- Vertrapping ten alle tijden voorkomen.
- Minimaal dient de jaarlijkse bijgroei geoogst te worden d.m.v. maaien of weiden. Dit is een uitdaging in dit natte gebied.

perceel 27 t/m 36 muv 29, 30 en 34

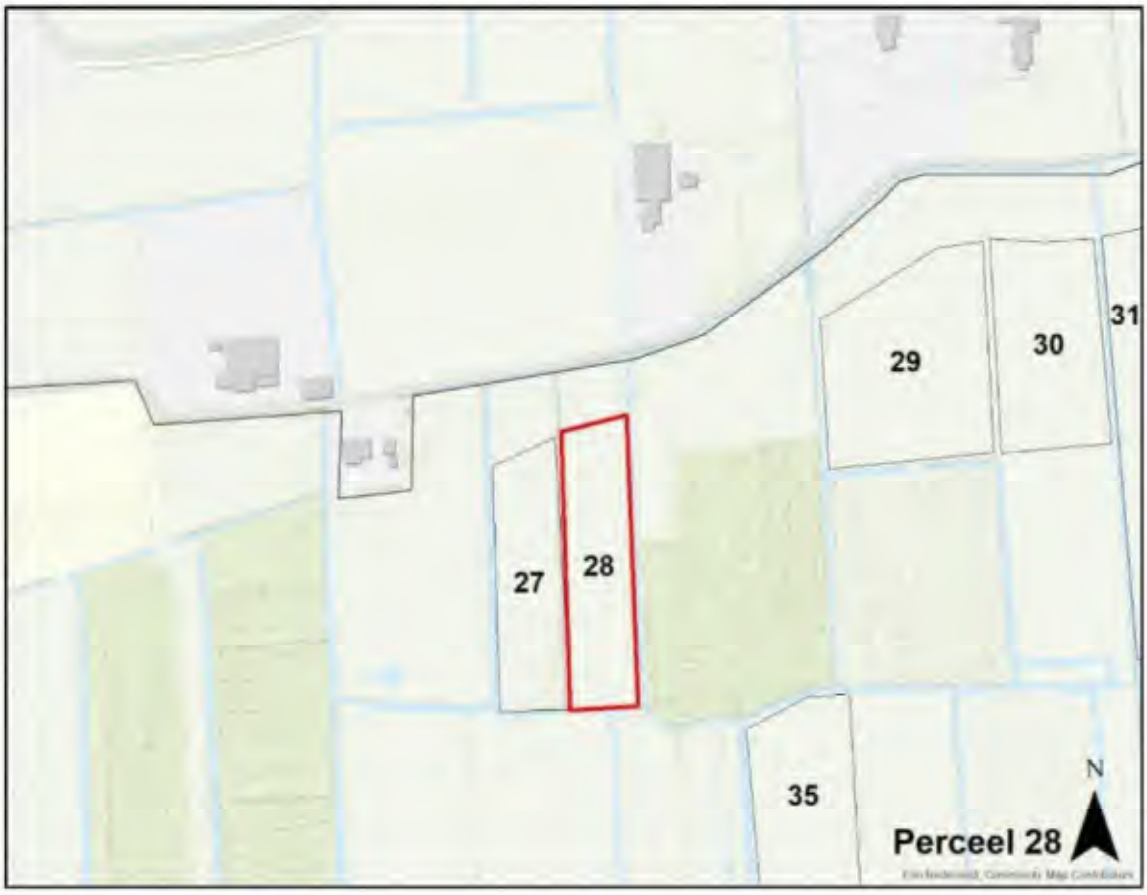
Referentie 3, N12.02	Jaar 1	Jaar 2	Jaar 3

60242 0031

Geadviseerd doeltype	N12.02	N12.02	N12.02 Hopelijk op termijn N10.02
Zeeschelpenkalk, meel nzomer	500kg/ha	500kg/ha	500kg/ha
Zeewierkalk nazomer			
Gips voorjaar	150kg/ha	150kg/ha	150kg/ha
Sea 90 najaar	50kg/ha	50kg/ha	50kg/ha
Steenmeel vulkamin, nazomer		350kg/ha	350kg/ha
Ruige stalmest of bokashi nazomer	5 ton	5 ton	5 ton
Compostthee / organismen enten nazomer	Bij voorkeur	Bij voorkeur	Bij voorkeur
Maaien net voor de bloei	ja	ja	Ja
Maaien 2e keer	Als het kan maar in ieder geval nabeweiden		
Nabeweiding	Ja, bij ridderzuring liefst schapen anders runderen. Vertrapping voorkomen	Ja, bij ridderzuring liefst schapen anders runderen. Vertrapping voorkomen	Ja, bij ridderzuring liefst schapen anders runderen. Vertrapping voorkomen
Maaisel + zaden enten nazomer			Ja, als het te organiseren is. Maaien van soortenrijk naar minder soortenrijk

5.3.25 Perceel 28

Kaartbeeld



Foto's perceel niet aanwezig

Korte toelichting uit het veld

Perceel ligt hoger in het landschap. Lijsterbessen tussen de zwarte elzen op het sloottalud verraden de aanwezigheid van lichtere grond. Op 15 cm beneden maaiveld is geel zand aanwezig. De bovenste 10-15 cm is erg los, daaronder harder. Veel muizenholletjes aanwezig. Perceel is egaal begroeid met gestreepte witbol.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 28	6,56	9,37	5,5	5,6	5,0:1	7	24	193	2321	280	121	49	20	36
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 28	1,50	665	56	3,61	39	0,11	0,69	41	55,3	11,1	1,5	1,02	1,1	30
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 28 (monster VIC 2110080)

Het betreft hier een lichte zandgrond, CEC 6,56 . verzuurd pH water 5,5 , Organische stof 5,6%

Ca/ Mg verhouding 4,97 : 1 wat iets te laag is voor deze bodem, dit betekent dat er een kleine kans bestaat op een te laag zuurstofniveau op porie niveau, slechtere voorwaarde voor het bodemleven. De stikstof huishouding is goed, nitraat lager dan ammonium wat duidt op een goede omzetting in de bodem. Iets te weinig calcium (zie ook lagere zuurgraad). Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit.

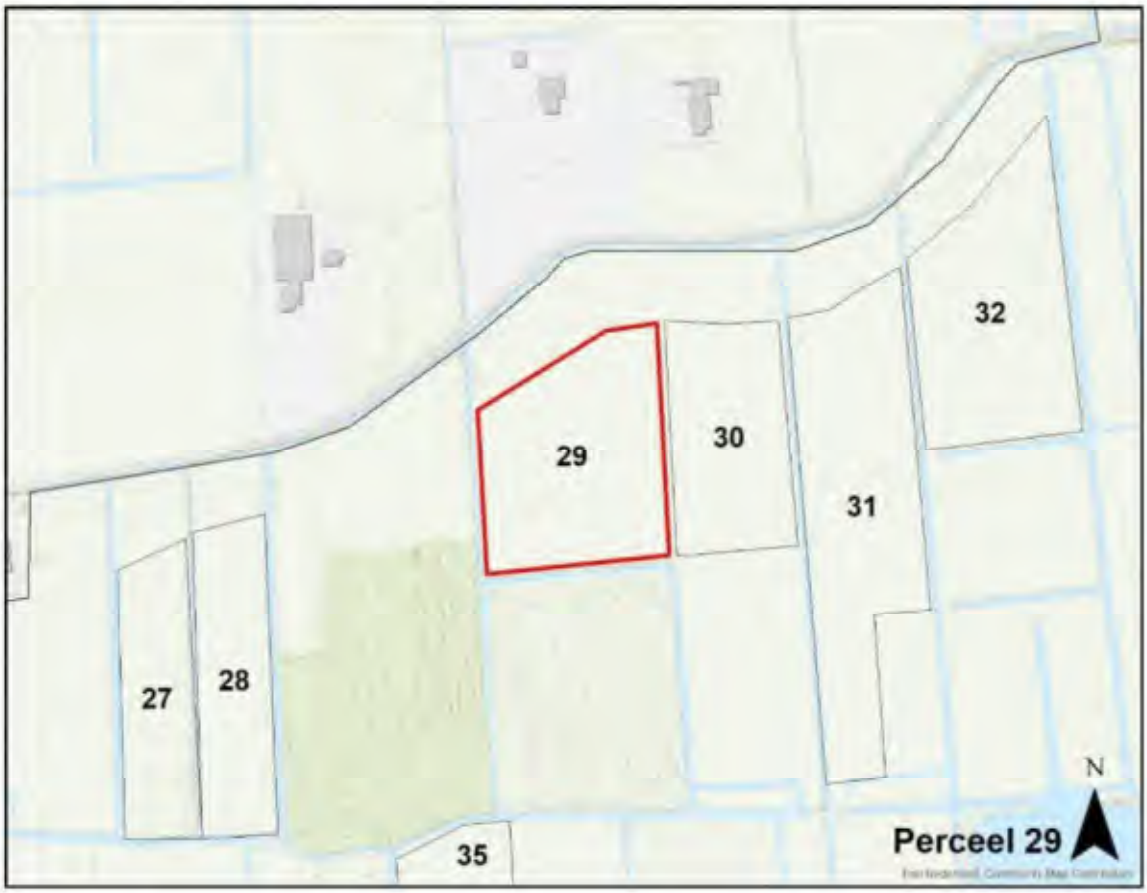
Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Opvallend hoge fosfaatwaardes, met lagere CEC waarde dan overige percelen in dit cluster. Zou dit perceel ooit opgehoogd zijn met gebiedsvreemd materiaal? Ondanks deze afwijkende waarde kan het bemestingsadvies van dit cluster aangehouden worden.

Zie tabel bij perceel 27

5.3.26 Perceel 29, cluster 3: 29, 30 en 34

Kaartbeeld



Foto's perceel

,

60242 0031

Korte toelichting uit het veld

Veraard veen met klei. Vegetatie kan getypeerd worden als witbolgrasland. Natuurdoeltype voor cluster 3 is N12.02.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 29	12,29	21,18	5,1	23,19	6,0:1	12	15	31	4487	452	202	92	36	47
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 29	1,55	918	94	0,45	10	0,11	1,61	37	47,3	8,0	1,1	0,84	0,8	42
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 29 (monster VIC 2110081)

Perceel betstaat hoofdzakelijk uit veengrond. CEC 12,29 . sterk verzuurd pH water 5,1 , Organische stof 23,2%

Ca/ Mg verhouding 5,95 : 1 wat prima is voor deze bodem. De stikstof huishouding is redelijk tot goed, nitraat lager dan ammonium wat duidt op een redelijke omzetting in de bodem, stikstof aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Laag fosfaat, weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik Cluster 3

We gebruiken referentie 3. Deze zit qua bodemtype het dichtst bij de percelen die vallen binnen dit cluster. Het CEC van deze percelen is iets hoger dan referentie 3 maar vergelijkbaar. Het Organisch stofgehalte is zeer wisselend en hoger dan de referentie. Dit is plaatsbaar doordat het zand met een hoog gehalte veen is. De Ca;MG verhouding is vergelijkbaar met die van de referentie. Zelfs nog beter. Fosfaat van de percelen is (exact) vergelijkbaar laag met referentie 3. In deze 3 percelen is de stikstof verhouding vergelijkbaar met de referentie. De organische stikstof (ammonium, stabiel) is hoger dan de nitraat (anorganische, onstabiele) stikstof.

De calcium beschikbaarheid moet op deze 3 percelen alleen onderhouden worden. Dit geldt eigenlijk ook voor referentie 3. Dit kan in dit gebied het beste gebeuren met zeewierkalk. Een kleine gipsgift in het voorjaar zorgt voor een stabiel beschikbaar houden van calcium om het bodemleven te stimuleren. Sea90 brengt de sporenelementen terug en stimuleert het bodemleven. Tevens zorgt dit dat evt. witbol dominantie voorkomen/onderbroken wordt. Steemeel, vulkamin, voorziet de sporenelementen op de lange termijn (wat

zout op de korte termijn doet). Stalmest en bokashi is om de vertering van de organische stof goed door te laten lopen. Met 5 ton/ha wel minder dan bij cluster 1. Als dit niet toegepast wordt, zal de stikstof zich onrustig blijven gedragen wat nu ook te zien is. Onrustig is ongunstig voor het bodemleven en dus diversiteit bovengronds. Door een vaste mest/ bokashi gift voedt je het bodemleven zodat de anorganische (onrustige) stikstof organisch gebonden stikstof wordt. Bij voorkeur maaisel van percelen die verder in de vegetatieve ontwikkeling zijn. Dit zal helpen om het gewenste bodemleven te enten op de nog te ontwikkelen percelen. De nu inactieve organische stof kan dan biologisch verbonden worden aan het minerale gedeelte van de bodem.
Om de stikstof rustiger te krijgen is maaien op moment dat meeste eiwit in de plant zit, dus net voor de bloei van belang. Als het kan een 2de keer maaien. Maar voor diversiteitsontwikkeling is nabeweiden sowieso een must. Het vee zorgt voor variatie door begrazing, betreding en bemesting. Alleen beweiden als vochtigheid het toelaat. Voorkom vertrapping.

Lange termijn gebruik cluster 3:

Na 5 jaar is het raadzaam om enkele percelen uit cluster 3 nog eens te bemonsteren. Hieruit kan geconcludeerd worden of er nog extra mineralen of bodemleven correcties nodig zijn.

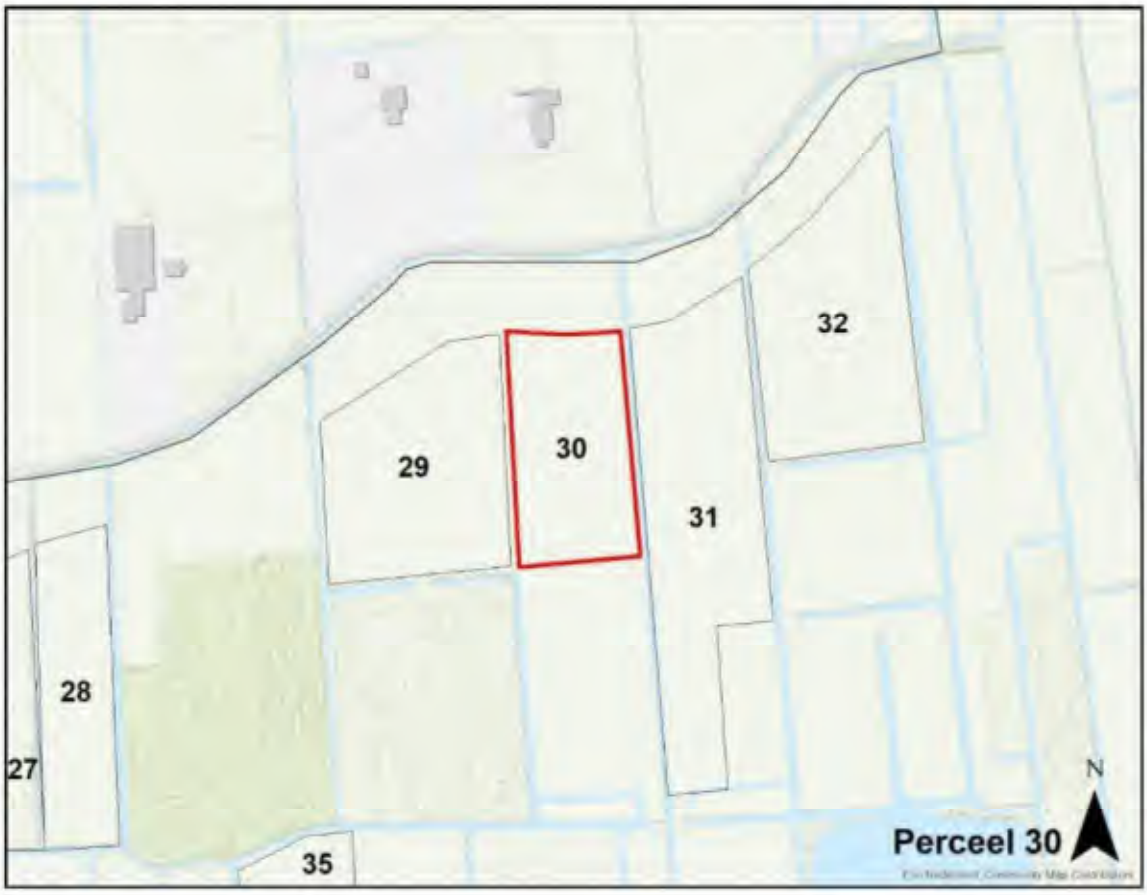
- Af en toe een bemesting van 5 ton/ha met ruige stalmest of bokashi. Ongeveer 1x per 3 jaar als het qua vochtigheid te bereiden is. Mogelijk na de eerste snede.
- Om de stikstof nog rustiger te krijgen blijft maaien op moment dat het meeste eiwit in de plant zit, dus net voor de bloei van het dominante gras, van belang. Voor diversiteitsontwikkeling is nabeweiden sowieso een pré als het qua draagkracht van de bodem mogelijk is. Het vee zorgt voor variatie door begrazing, betreding en bemesting én levert via de darmflora bodemleven.
- Vertrapping ten alle tijden voorkomen.
- Minimaal dient de jaarlijkse bijgroei geoogst te worden d.m.v. maaien of weiden. Dit is een uitdaging in dit natte gebied.

perceel 29, 30 en 34

Referentie 3, N10.02	Jaar 1	Jaar 2	Jaar 3
Geadviseerd doeltype	N10.02	N10.02	N10.02
Zeeschelpenkalk, meel nzomer			
Zeewierkalk, phisio mag, nazomer	650kg	450kg	450kg
Gips voorjaar	150kg	150kg	150kg
Sea 90 najaar	50kg	50kg	50kg
Steenmeel vulkamin, nazomer		350kg	350kg
Ruige stalmest of bokashi nazomer	5 ton	5 ton	5 ton
Compostthee / organismen enten nazomer	Bij voorkeur	Bij voorkeur	Bij voorkeur
Maaien net voor de bloei	ja	ja	Ja
Maaien 2e keer	Als het kan maar in ieder geval nabeweiden		
Nabeweiding	Ja, bij ridderzuring liefst schapen anders runderen. Vertrapping voorkomen	Ja, bij ridderzuring liefst schapen anders runderen. Vertrapping voorkomen	Ja, bij ridderzuring liefst schapen anders runderen. Vertrapping voorkomen
Maaisel + zaden enten nazomer			Ja, als het te organiseren is. Maaien van soortenrijk naar minder soortenrijk

5.3.27 Perceel 30

Kaartbeeld



Foto's perceel

Korte toelichting uit het veld

Zuidelijk deel is nu een petgat. Klei al goed gemengd met veraard veen. Vegetatie bestaat onderandere uit gestreepte witbol.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 30	10,20	17,59	5,1	16,64	6,3:1	9	27	36	3741	354	137	81	45	40
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 30	1,37	898	92	0,45	11	0,11	1,12	32	47,5	7,5	0,9	0,89	1,3	42
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 30 (monster VIC 2110082)

Zandgrond of lichte zavelgrond met mogelijke veenresten. CEC 10,20 . sterk verzuurd pH water 5,1 , Organische stof 16,6%

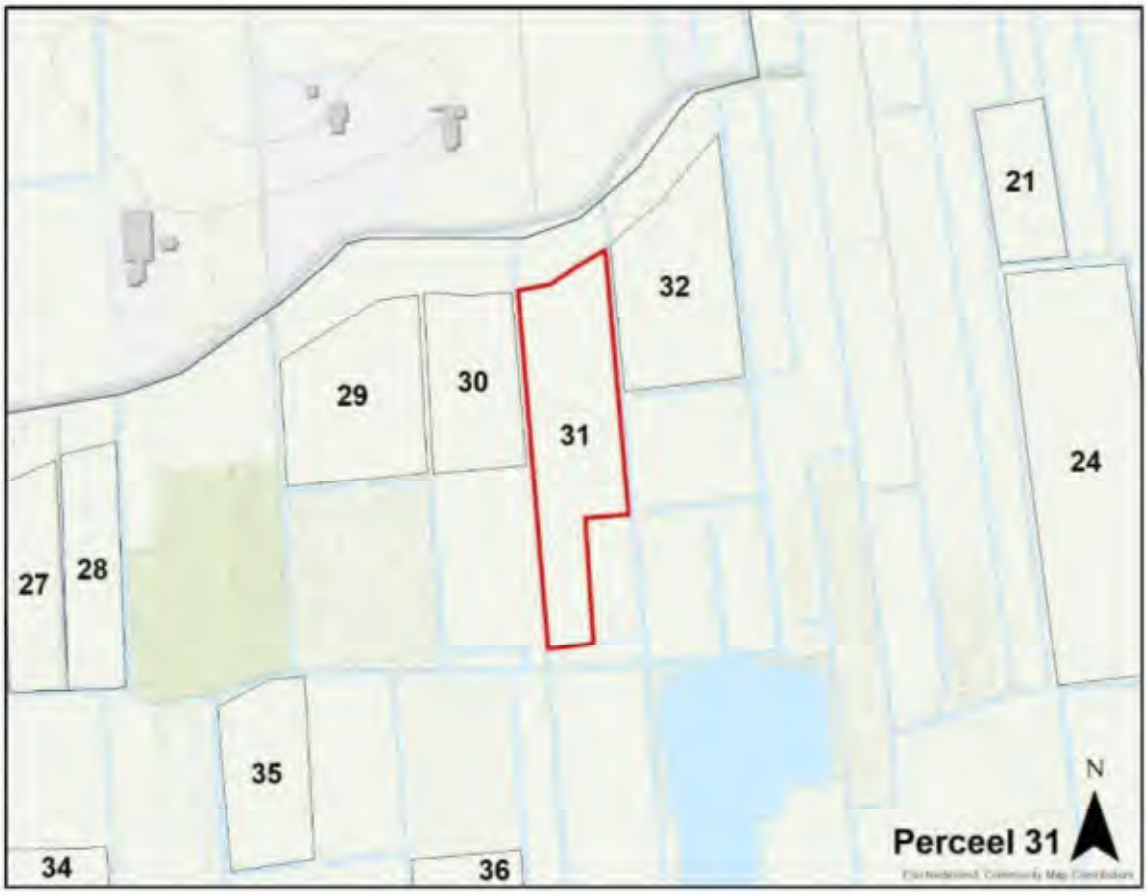
Ca/ Mg verhouding 6,34 : 1 wat prima is voor deze bodem. De stikstof huishouding is redelijk tot goed, nitraat lager dan ammonium wat duidt op een redelijke omzetting in de bodem, stikstof aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Laag fosfaat, weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit. Door de lage pH is er ook meer aluminium dan gewenst op de bezetting van het CEC.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 29

5.3.28 Perceel 31

Kaartbeeld



Foto's perceel

Korte toelichting uit het veld

Klei (ca. 10 cm) op veen. In het veen ook veel zandkorrels zichtbaar. Zand zie je ook terug in molshopen. Het zuidoostelijk deel is geroerd en daarom niet meegenomen bij het monstersteken.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 31	9,92	18,72	4,9	16,03	4,7:1	21	16	78	3382	432	226	65	76	47
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 31	1,90	880	110	0,54	14	0,11	0,94	35	40,3	8,6	1,4	0,67	2,0	47
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 31 (monster VIC 2110083)

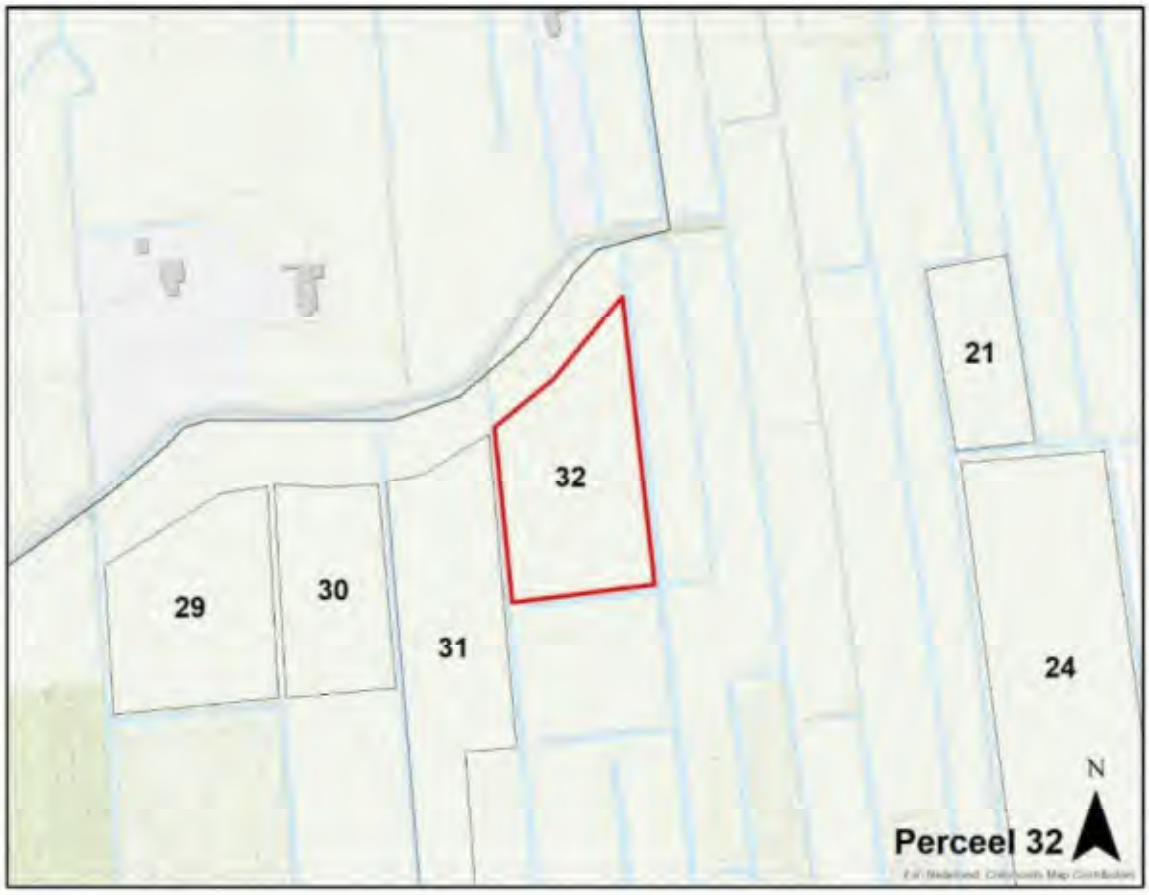
Zandgrond met mogelijke veenresten. CEC 9,92 . sterk verzuurd pH water 4,9 , Organische stof 16,0%. Ca/ Mg verhouding 4,69 : 1 wat laag is voor deze bodem, dit betekent dat er mogelijk een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. De stikstof huishouding is matig tot slecht, nitraat iets hoger dan ammonium wat duidt op een slechte omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Laag fosfaat, weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit. Door de lage pH is er ook meer aluminium dan gewenst op de bezetting van het CEC.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 27

5.3.29 Perceel 32

Kaartbeeld



Foto's perceel

Korte toelichting uit het veld

Veraard veen, gemengd met veel klei. Daaronder (niet in monsters) is een zandlaag aanwezig. Het perceel kan getypeeerd worden als een witbolgrasland.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 32	11,10	20,19	5,0	15	3,7:1	13	14	81	3644	594	237	85	65	45
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 32	1,86	903	72	0,45	11	0,11	0,72	44	40,3	10,9	1,4	0,82	1,6	45
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 32 (monster VIC 2110084)

Zandgrond of lichte zavelgrond met mogelijke veenresten. CEC 11,10 . sterk verzuurd pH water 5,0 , Organische stof 15,0%

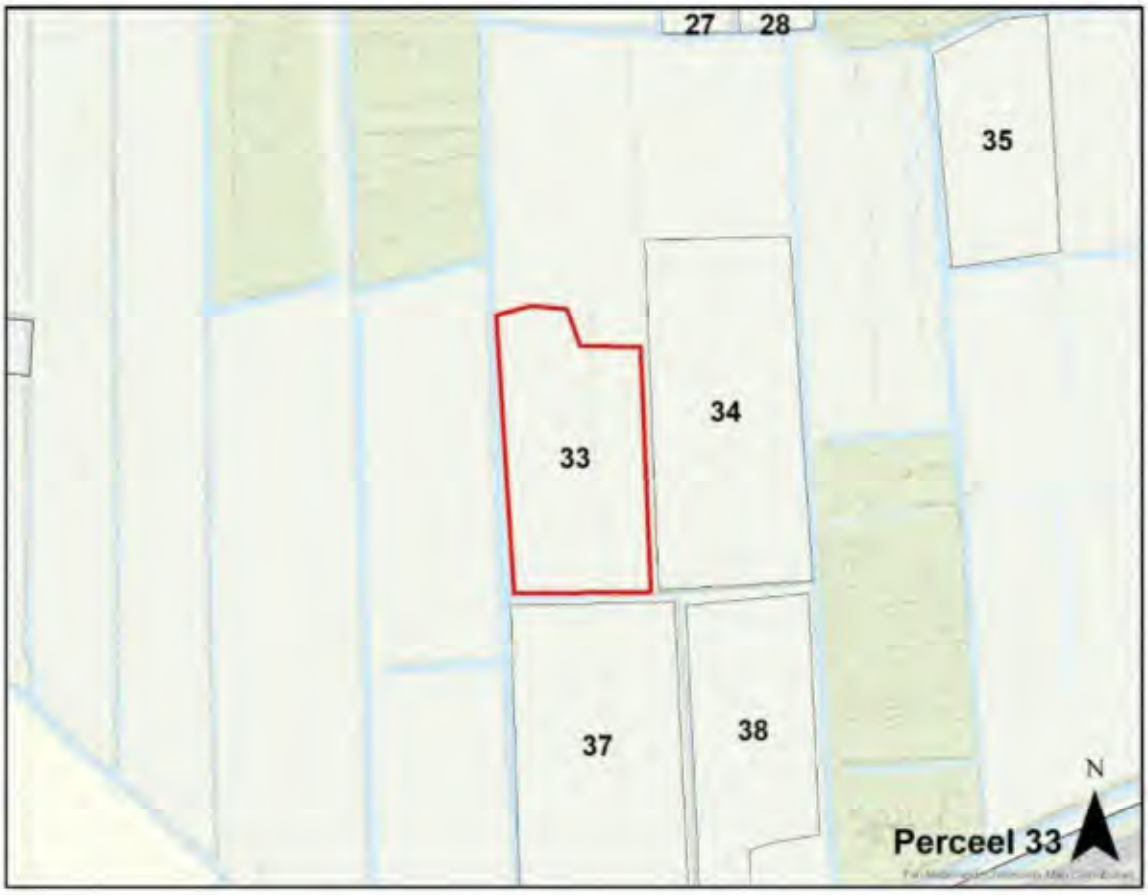
Ca/ Mg verhouding 3,68 : 1 wat laag is voor deze bodem, dit betekent dat er mogelijk een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. De stikstof huishouding is redelijk, nitraat iets lager dan ammonium wat duidt op een redelijke omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Laag fosfaat, weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit. Door de lage pH is er ook meer aluminium dan gewenst op de bezetting van het CEC.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 27

5.3.30 Perceel 33

Kaartbeeld



Foto's perceel niet aanwezig

Korte toelichting uit het veld

Op 29-1-2021 staat er veel water op het perceel. De eerste 10-15 cm beneden maaiveld zijn heel zacht en luchtig/waterig met veel holten. Meer naar het noorden wordt het perceel harder. Soms moet de guts met de knie de grond ingedrukt worden. Vaak zit er lemig materiaal in de guts. Door de nattigheid spoelt het bovenste deel van het monster weer uit de guts. Middenin het perceel ligt van noord naar zuid een opgeworpen dam. Deze is niet meegenomen in de bemonstering. Het meest noordelijke deel van het perceel is ook niet meegenomen.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 33	9,53	13,62	5,5	32,62	4,8:1	15	48	43	3409	423	103	67	20	40
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 33	1,50	887	87	0,54	9	0,11	1,48	28	55,9	11,6	0,9	0,96	0,7	30
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem balans Analyse perceel 33 (monster VIC 2110085)

Veengrond met zand / kleideeltjes. CEC 9,53 . licht verzuurd pH water 5,5 , Organische stof 32,6%

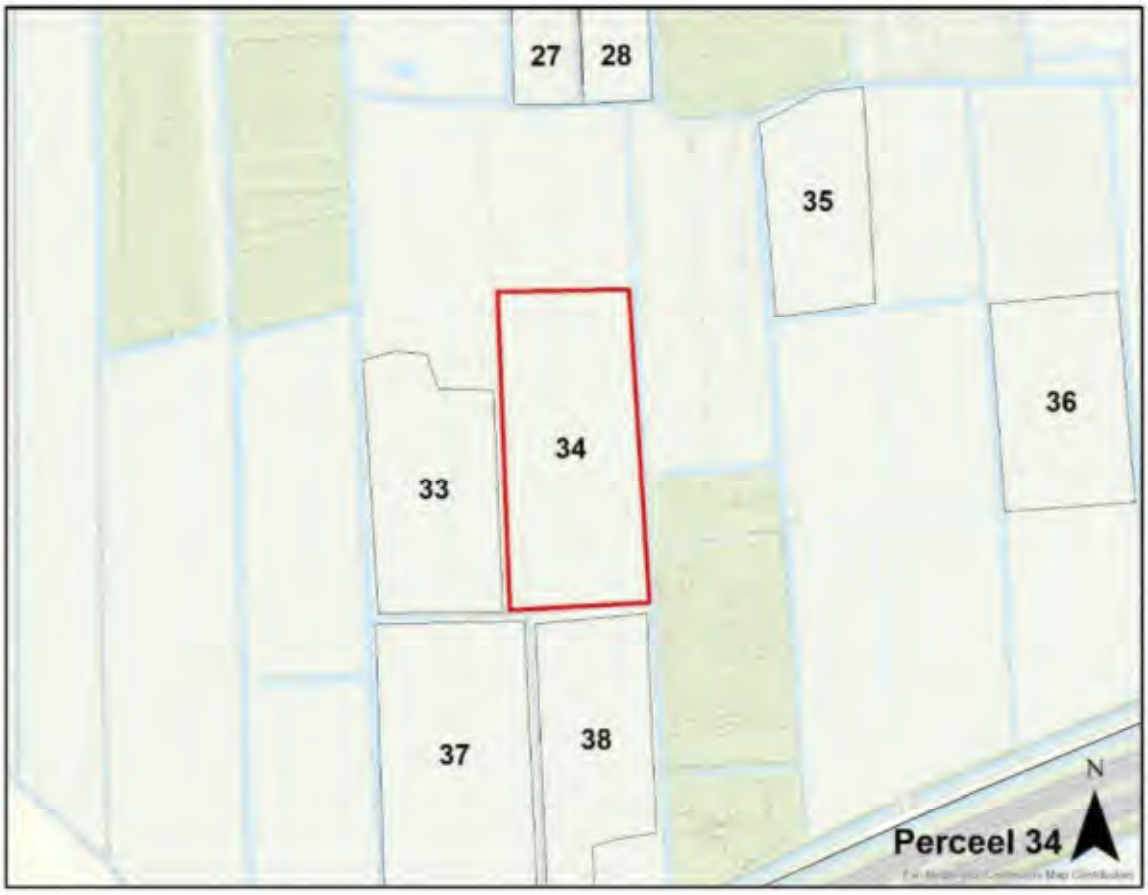
Ca/ Mg verhouding 4,83 : 1 wat laag is voor deze bodem, dit betekent dat er mogelijk een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. De stikstof huishouding is goed, nitraat lager dan ammonium wat duidt op een goede omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Laag fosfaat, weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 27

5.3.31 Perceel 34

Kaartbeeld



Foto's perceel niet aanwezig

Korte toelichting uit het veld

Veen met daaronder op 30-40 cm beneden maaiveld een kleilaag. Het perceel is ten tijde van het veldbezoek natter dan perceel 38

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 34	11,06	19,07	5,1	25,3	5,3:1	10	24	34	4007	455	150	85	18	54
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 34	1,48	979	90	0,45	10	0,11	1,25	32	46,9	8,9	0,9	0,87	0,5	42
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 34 (monster VIC 2110086)

Veengrond met zand / kleideeltjes. CEC 11,06 . verzuurd pH water 5,1 , Organische stof 25,3 %

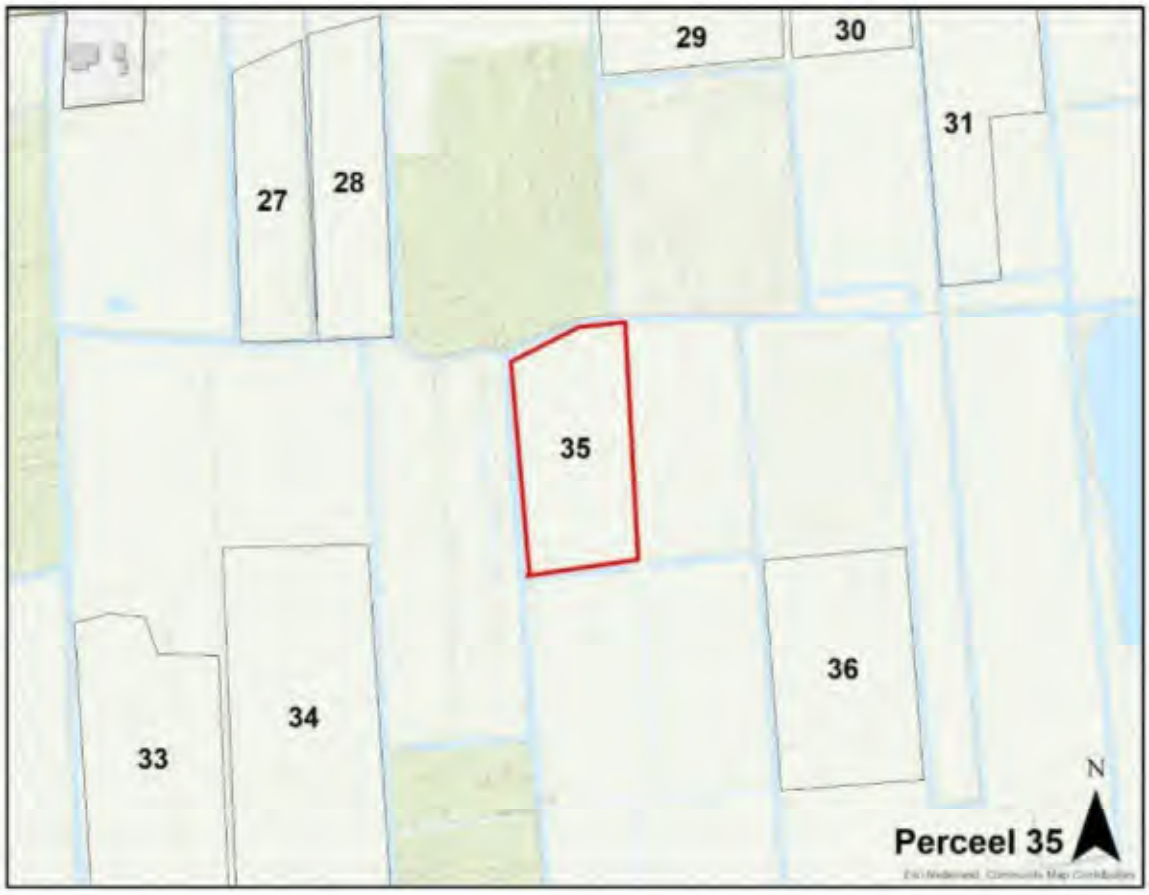
Ca/ Mg verhouding 5,29 : 1 wat iets te laag is voor deze bodem, dit betekent dat er mogelijk een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechtere voorwaarde voor het bodemleven. De stikstof huishouding is goed, nitraat lager dan ammonium wat duidt op een goede omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Laag fosfaat, weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper erg laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 29

5.3.32 Perceel 35

Kaartbeeld



Foto's perceel niet aanwezig

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 35	10,65	21,74	4,7	29,98	4,2:1	37	25	40	3595	513	271	85	49	49
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 35	1,77	869	76	1,39	15	0,11	2,53	40	36,9	8,8	1,4	0,76	1,1	51
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 34 (Monster VIC2110087)

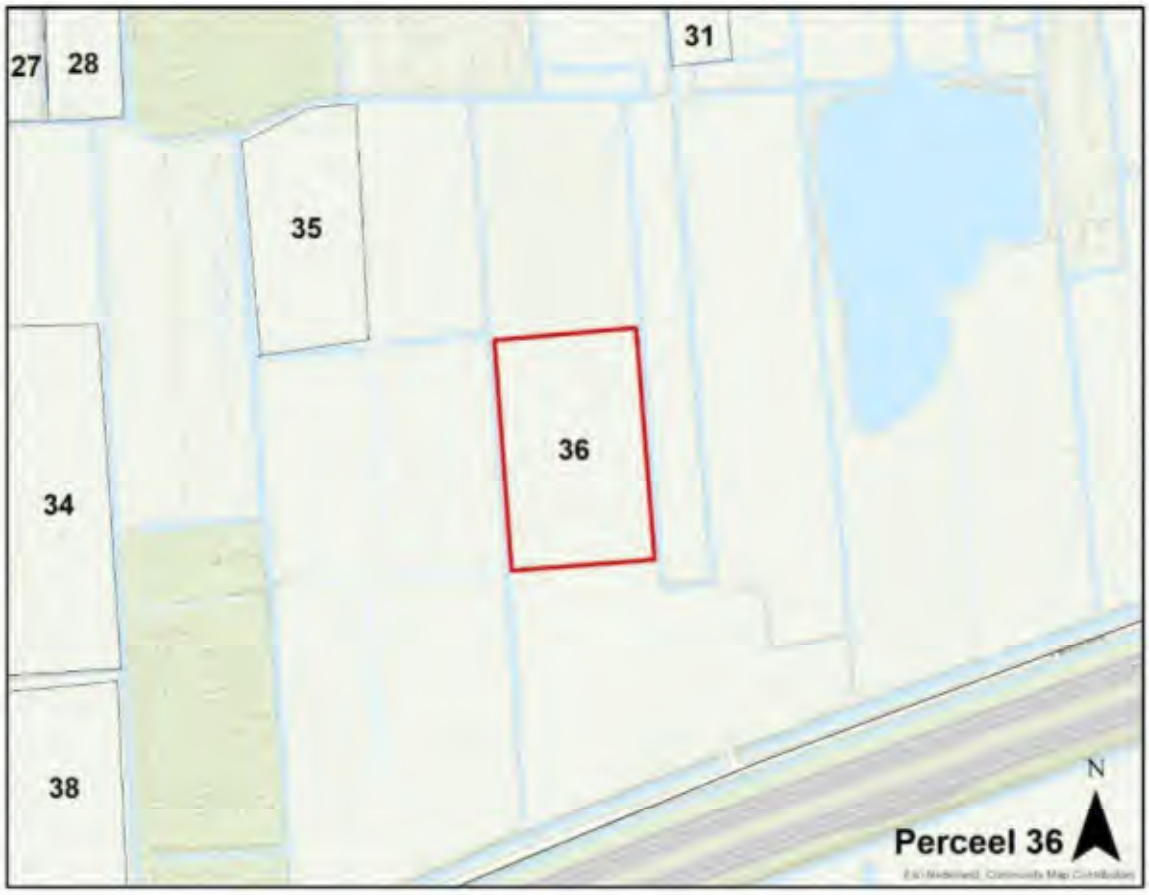
Veengrond met zand / kleideeltjes. CEC 10,65 . sterk verzuurd pH water 4,7 , Organische stof 30%. Ca/ Mg verhouding 4,20 : 1 wat te laag is voor deze bodem, dit betekent dat er mogelijk een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. De stikstof huishouding is slecht, nitraat hoger dan ammonium wat duidt op een slechte omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Laag fosfaat, weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit. Door de lage pH is er ook meer aluminium dan gewenst op de bezetting van het CEC.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 27

5.3.33 Perceel 36

Kaartbeeld



Foto's perceel

Korte toelichting uit het veld

Veenbodem met vaak wat kleiig materiaal op ong. 15 cm diepte. Grond wordt mooi rul en korrelig bij mixen. IJl over het perceel verspreid is pitrus aanwezig.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 36	11,44	20,8	5,0	31,28	5,1:1	22	24	36	4016	468	276	105	43	47
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 36	1,84	818	96	0,47	11	0,11	1,48	29	43,1	8,4	1,5	0,98	1,0	45
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Tabel resultaten Nova Bioscan perceel

Perceel	Algemeen	Aantallen	Variatie	Aerobe bacterien	Aerobe bacteriën variatie	Aerobe schimmels	Aerobe schimmel variatie	Amoebe	Flagelaten	Nematoden, bacterie voedend	Nematoden,schimmel voedend	Nematoden Nemantoden voedend	Anaerobe bacterien	Anaerobe protozoen: Ciliaten	Anaerobe protozoen: Vorticella	Anaerobe protozoen: Rotifer	Anaerobe nematoden, switchers	Anaerobe nematoden, wortel voedend
Perceel 36 (2110088)	6,7	8	4,8	7,9	5,3	4	4	4	5,2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ref 1 DDP (2110092)	6,2	7,6	4,8	7,3	5,3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ref 4 ML (2110093)	5,7	6,7	5,5	7,9	5,6	5,7	5,4	5,2	4	4	4	4	4	4	6,7	4	4	4

Tabel beoordeling Chroma perceel 36

			Centrale zone		Binnenste zone	Middelste zone	Buitenste zone			Samenhang zones	
Perceel	Monsternr.	Algemene beoordeling	Kleur Centrum	Grootte centrum	Radiaal-lijnen	Tanden	Versheid organische stof	Humus-wolkjes	Zone tussen de tanden	Onderlinge verhoudingen	Overgang zones
Perceel 36	295,16	4,0	3	4	2	3	2	3	3	3	4
Ref 1	295,17V	7,5	6	6	5	4	5	3	5	6	7
Ref 4	295,18V	6,0	6	3	4	4	3	3	5	4	6

Interpretatie/Analyse gegevens

Bodem Balans Analyse perceel 36 (monster VIC 2110088)

Deze veenbodem heeft een uitwisselcapaciteit met een CEC van 20,80 en een hoog organische stofgehalte van 31,3%. Niet al deze organische stof draagt veel bij aan de uitwisselcapaciteit van de bodem. De pH-water is 5,0. De calcium-/magnesiumverhouding is met 5,15 vrij goed. Dat komt omdat calcium en magnesium evenredig laag zijn. Ook kalium is vrij laag.

Fosfaat is met 36 kg/ha erg laag. Zwavel is aan de lage kant. Van de spoorelementen is ijzer hoog. Van de spoorelementen zijn ijzer en kobalt hoog. Mangaan en zink vallen binnen het streeftraject. De overige spoorelementen zijn allen te laag. Opvallend is het extreem lage kopergehalte. Silicium is laag. Nitraat en ammonium laten zien dat er al wat mineralisatie heeft plaatsgevonden ten tijde van monstername.

Nitraat en ammonium laten zien dat er al wat mineralisatie heeft plaatsgevonden ten tijde van monstername.

Bioscan perceel 36 (monster 210317.26)

In de Novabioscan is te zien dat er redelijke aantallen bacteriën aanwezig zijn, maar in slechte variatie. Schimmels zijn zo laag dat ze met deze methodiek niet zijn aangetoond. Dat duidt op een milieu waarin de vertering van organische stof en stofwisseling moeilijk verloopt. De aanwezigheid van protozoa is minimaal. Er zijn alleen amoeben gevonden. Dit zorgt voor een lage mate van mineralisatie en eiwitvorming.

Chroma perceel 36 (monster 295.16V)

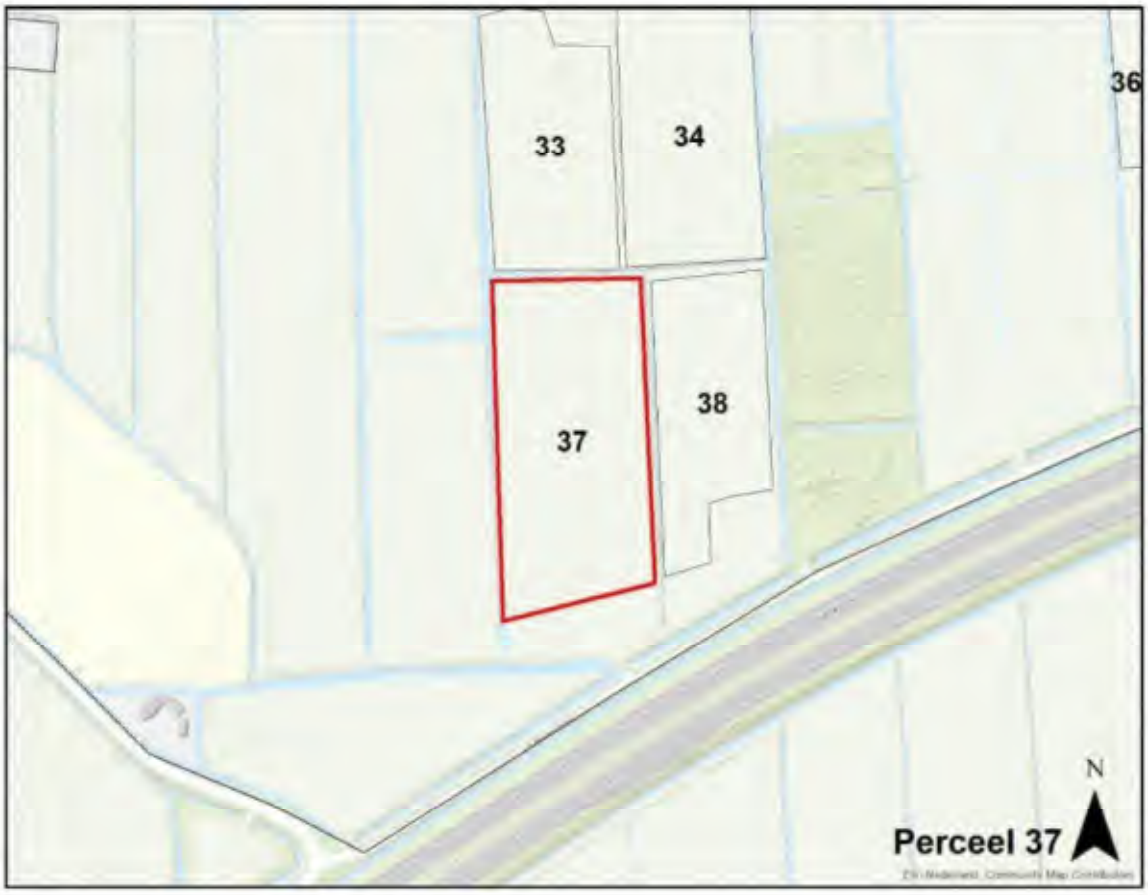
De chroma laat zien dat de bodem erg organisch is, maar ook veel ruw/inactief organisch materiaal bevat. Er is weinig activiteit van bodemleven waar te nemen. Daardoor vindt er weinig humusvorming, eiwitvorming en integratie tussen minerale en organische delen plaats. In het minerale gedeelte van deze chroma is weinig activiteit waar te nemen.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 27

5.3.34 Perceel 37

Kaartbeeld



Foto's perceel niet aanwezig

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 37	9,00	13,44	5,4	21,57	4,7:1	32	20	38	3212	414	105	65	9	52
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 37	1,41	836	81	0,69	13	0,11	1,05	33	53,4	11,5	0,9	0,94	0,3	33
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Bodem Balans Analyse perceel 37 (monster VIC 2110089)

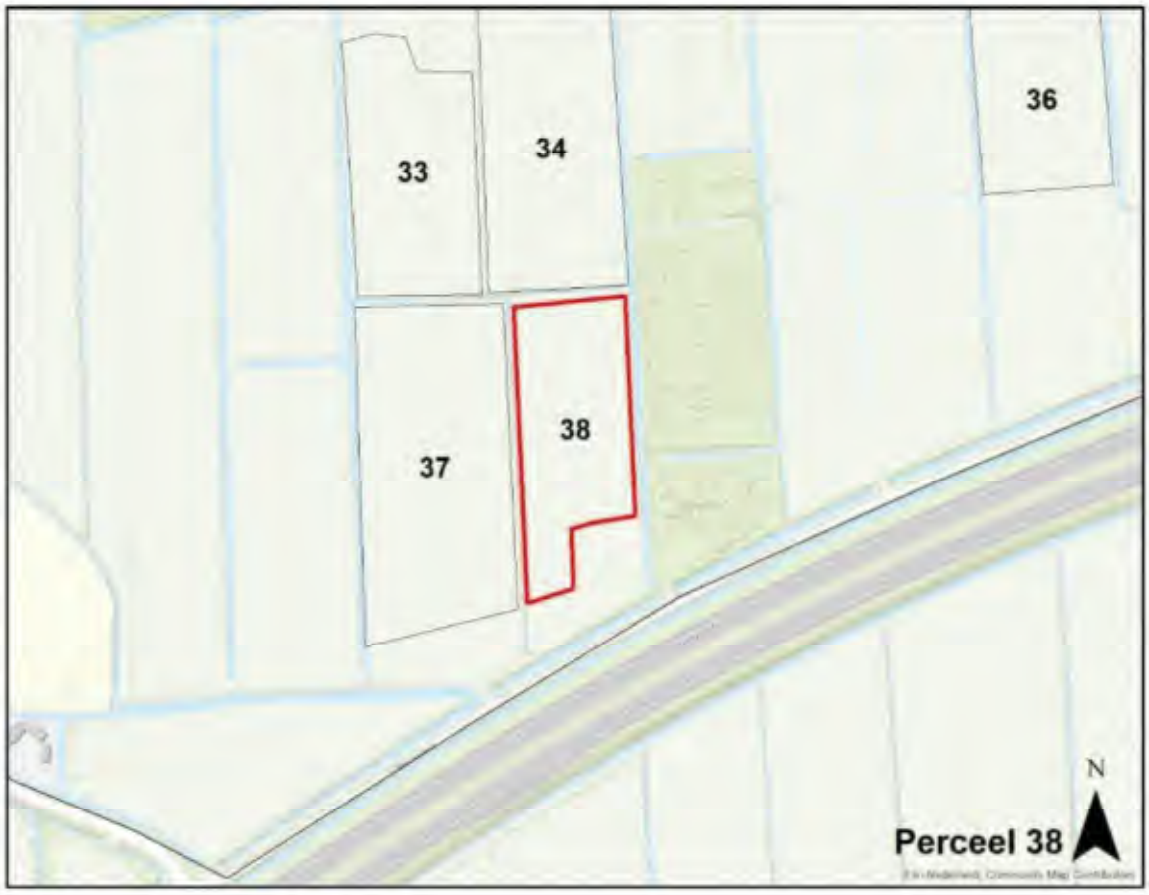
Veengrond met zand / kleideeltjes. CEC 9,00 . licht verzuurd pH water 5,4 , Organische stof 21,6%. Ca/ Mg verhouding 4,65 : 1 wat te laag is voor deze bodem, dit betekent dat er mogelijk een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. De stikstof huishouding is slecht, nitraat hoger dan ammonium wat duidt op een slechte omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Laag fosfaat, te weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 27

5.3.35 Perceel 38

Kaartbeeld



Foto's perceel niet aanwezig

Korte toelichting uit het veld

Veenbodem met onder de 30 cm beneden maaiveld grof, iets leemhoudend zand. De eerste 10 a15 cm zijn luchtig en makkelijk te steken, daarna wordt de bodem harder.

Resultaten Soil Smart Methode

Tabel resultaten Bodembalans Analyse perceel

Perceel	CEC [mol/kg]	TEC [mol/kg]	pH [H2O]	OS [%]	Ca/Mg-verh.	NO3 [kg/ha]	NH4 [kg/ha]	P2O5 [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	K [kg/ha]	Na [kg/ha]	Al [kg/ha]	S [kg/ha]
Perceel 38	6,08	9,5	5,3	25,6	4,9:1	34	22	43	2175	264	81	49	11	34
Ref 1 DDP	12,94	25,38	4,8	11,73	2,4:1	19	24	18	3548	894	325	99	228	47
Ref 2 DDP	13,01	25,52	4,8	10,26	2,2:1	18	29	16	3548	950	376	101	188	34
Ref 3 ML	8,79	12,04	5,6	6,98	7,3:1	4	37	34	3351	276	123	45	11	60
Ref 4 ML	14,14	18,61	5,7	23,82	15,8:1	19	56	78	5833	222	125	52	11	49

Perceel	B [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Zn [kg/ha]	Mo [kg/ha]	Co [kg/ha]	Si [kg/ha]	Ca b.s. [%]	Mg b.s. [%]	K b.s. [%]	Na b.s. [%]	Al b.s. [%]	H+ b.s. [%]
Perceel 38	1,46	757	49	0,52	8	0,11	1,10	27	51,1	10,4	1,0	1,01	0,6	36
Ref 1 DDP	1,75	1021	110	0,45	14	0,11	1,70	88	31,2	13,1	1,5	0,75	4,5	49
Ref 2 DDP	1,64	925	63	0,45	11	0,11	0,92	121	31,0	13,9	1,7	0,77	3,7	49
Ref 3 ML	1,48	1248	76	0,49	13	0,11	2,33	68	62,1	8,5	1,2	0,72	0,5	27
Ref 4 ML	1,77	773	121	0,94	12	0,11	0,74	41	70,0	4,4	0,8	0,54	0,3	24

Interpretatie/Analyse gegevens

Veengrond met zand / kleideeltjes. CEC 6,08 . licht verzuurd pH water 5,3 , Organische stof 25,6%.

Ca/ Mg verhouding 4,94 : 1 wat te laag is voor deze bodem, dit betekent dat er mogelijk een laag zuurstofniveau is op porie niveau, slechte voorwaarde voor het bodemleven. De stikstof huishouding is slecht, nitraat hoger dan ammonium wat duidt op een slechte omzetting in de bodem, stikstof algemeen aan de hoge kant, heeft een relatie met het relatief hoge organische stofcijfer. Laag fosfaat, te weinig calcium (zie ook lage zuurgraad), koper laag. Molybdeen laag, dit is sterk gerelateerd aan bodem biologische activiteit.

Advies voor natuurdoeltype maatregelen, beheer en medegebruik

Zie perceel 27

6 Bronnen

6.1 Literatuur

Albrecht, W.A. 1975. *The Albrecht Papers, volumes 1-8. Edited by C. Walters.* Acres USA, Kansas City.

Ehrenfried E. Pfeiffer 1984. *Chromatopgraphy applied to quality testing.* Wyoming, Rhode lsand, ISBN 0-938250-21-3.

Livia Bischof Pian 2016/2017. *Chromatography of Pfeiffer: Principles, method and use in perception of soils.* Annual project, Fachschule für Biologisch-Dynamische Landwirtschaft, Landbauschule Dottenfelderhof.

Jochems, R., 2017. *Bevindingen Soil Smart bodemonderzoek Vechtplassengebied.* Briefnotitie GroeiBalans Bedrijfsecologie BV, Zundert.

R. Jochems, C. J. L. van der Put & H. Hofland, 2020. SoilSmart analyse, interpretatie en advies voor 21 graslanden in het Vechtplassen gebied, GroeiBalans Bedrijfsecologie BV, Zundert.

Gregorich, E.G. & M.R. Carter, eds. 2006. *Soil sampling and methods of analysis*, 2nd edition. Canadian Society of Soil Science, CRC Press, Boca Raton.

Mallarino, A.P. 1997. "Interpretation of soil phosphorus tests for corn in soils with varying pH and calcium carbonate content", *Journal of Production Agriculture* 10/1; 163-167.

Gebiedscommissie Noordelijk Westerkwartier 2018

Schippers, w. 2015. Ontwikkelen van Kruidenrijk grasland. Aardwerkadvies,

6.2 Websites

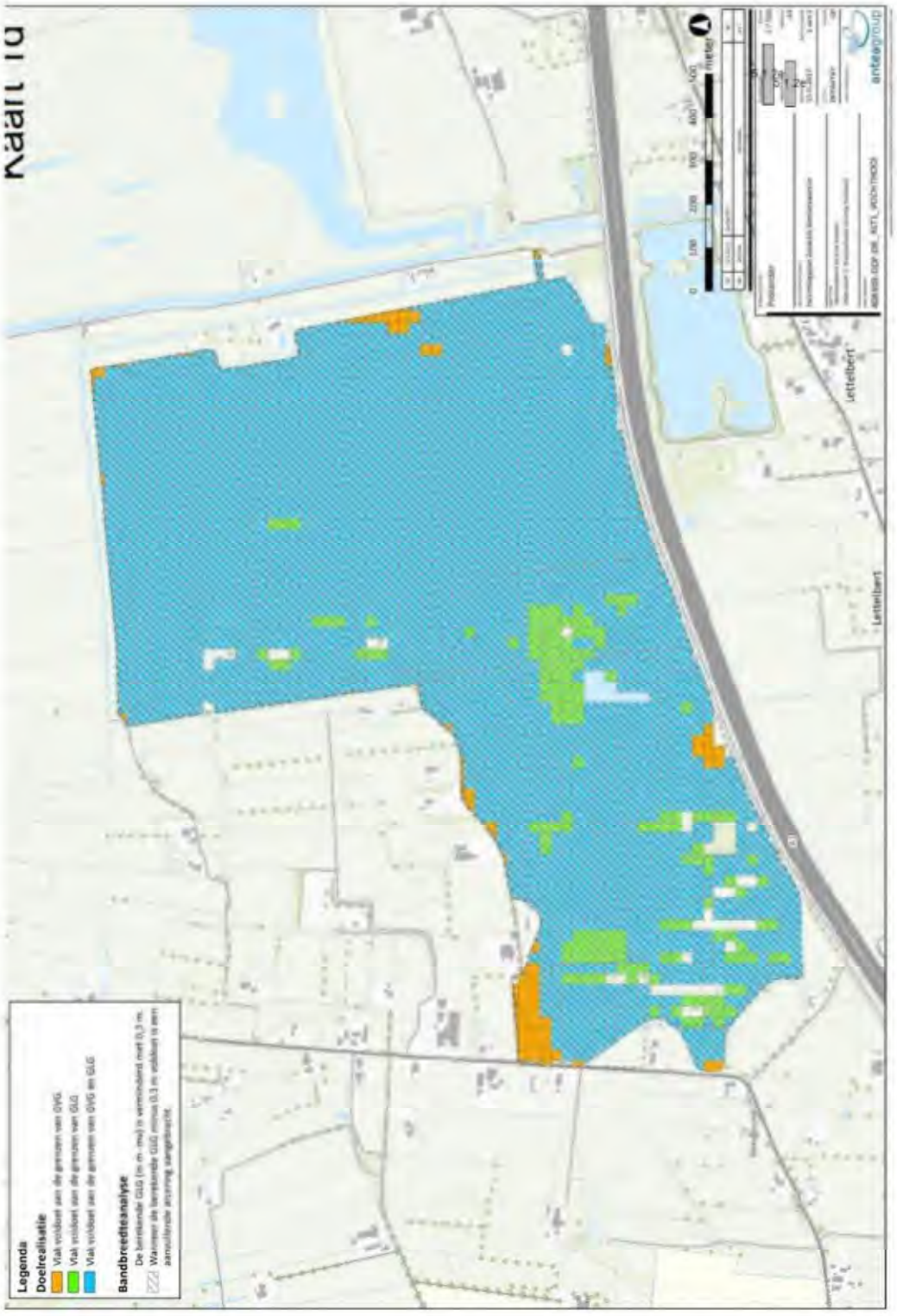
www.bij12.nl

www.soilfoodweb.com

www.geoportaal.provinciegroningen.nl

Bijlage 1. Potentie voor Vochtig hooiland op basis van GVG en GLG

Bron: Gebiedscommissie Zuidelijk Westerkwartier, 2018



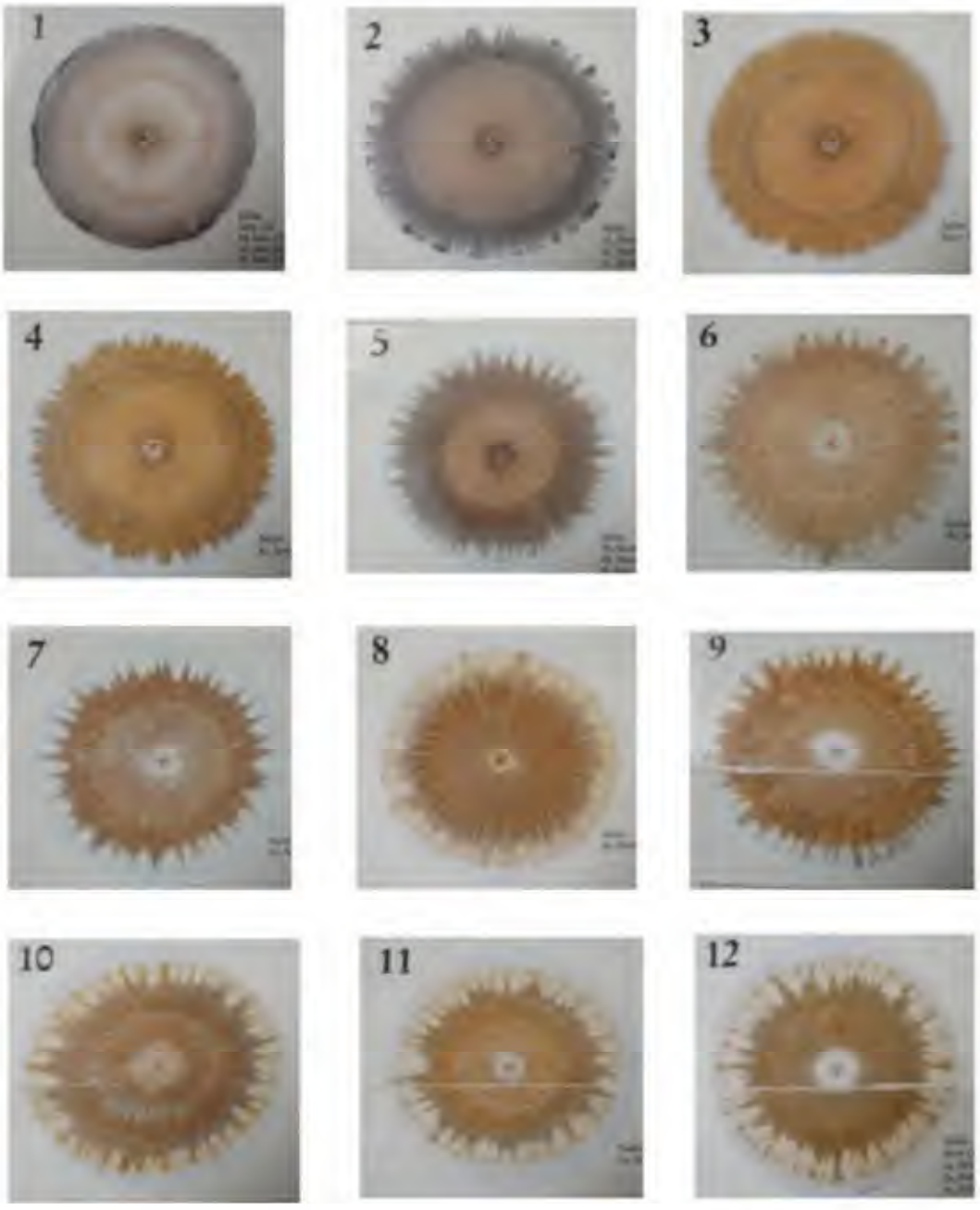
Bijlage 2. Bemonsterde percelen

Legenda
Monstername methode
Albrecht
Soil Smart
Vervallen
N
Ref 5
Ref 4
Ref 3

Bijlage 3. Voorbeelden Chroma's

STANDAARDREEKS

1. Slechte grond



12. Goede grond

Landschapsecologische systeemanalyse Bruine Veld

Definitief rapport

Zwolle, november 2021

Bell Hullenaar
Ecohydrologisch Adviesbureau

in opdracht van:

staatsbosbeheer

Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau
Wipstrikkerallee 95
8023 DW Zwolle
Telefoon: 5.1.2e
E-mail: 5.1.2e @live.com

Projecttitel: Landschapsecologische systeemanalyse Bruine Veld
Opdrachtgever: Staatsbosbeheer
Auteurs: 5.1.2e en 5.1.2e

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de projectuitvoerder en opdrachtgever.

Inhoud

1	**Inleiding**	5
2	**Gebiedsbeschrijving**	8
2.1	Oriëntatie	8
2.2	Historische ontwikkeling	10
2.3	Geologie en geohydrologische opbouw	13
2.4	Geomorfologie	17
2.5	Bodem	20
2.6	Hoofdoppervlaktewatersysteem	20
2.7	Regionale grondwatersysteem	22
2.8	Grondwaterstandsverloop	24
2.9	Vegetatie	26
2.10	Fauna	28
3	**Veldonderzoek**	30
3.1	Methode	30
3.2	Resultaten inventarisatie oppervlaktewatersysteem	32
3.3	Resultaten onderzoek grondwatersysteem	36
	3.3.1 Isohypsenkaart	36
	3.3.2 Ecohydrologisch dwarsprofiel A-A'	38
	3.3.3 Ecohydrologisch dwarsprofiel B-B'	43
	3.3.4 Grondwatersituatie westelijke laagte	46
3.4	Resultaten EGV- en pH-metingen in boorgaten	47
3.5	Resultaten bodemchemisch onderzoek	49
4	**Synthese en conclusies**	51
	Literatuur	
	Bijlagen	

4

1 Inleiding

Het Bruine Veld betreft een klein natuurgebied (van 21 ha) met vochtig heide in het westen van Twente, nabij Hoge Hexel. Het natuurgebied ligt in een intensief beheerd agrarisch gebied. In relatie tot de bijzondere landschappelijke en hydrologische gradiënten is het vooral in potentie een ecologisch waardevol terrein. Met name vanwege sterke vergrassing van het heidegebied met Pijpenstrootje is de actuele ecologische waarde van het gebied echter beperkt. Behalve depositie van stikstof speelt waarschijnlijk verdroging als gevolg van de diepe ontwatering van de omringende landbouwgronden hierbij een rol. De ontwikkeling van redelijk waardevolle heide- en venachtige vegetaties in delen die in 2000 zijn geplagd laat echter zien dat er in het gebied wel kansen aanwezig zijn voor ecologisch herstel.

Om af te leiden of er inderdaad kansen zijn voor een verdergaand ecologisch herstel heeft Staatsbosbeheer (in het kader van de ZON-regeling) aan Bell Hullenaar gevraagd deze Landschaps Ecologische Systeem Aanalyse (kortweg LESA) uit te voeren. De LESA is specifiek gericht op het inzichtelijk maken van de werking van het hydrologische systeem en de mogelijkheden voor verbetering van de hydrologische en (daarmee) de ecologische situatie.

Doelstelling & onderzoeksvragen

Doel van de LESA is het inzichtelijk maken van het ecohydrologisch functioneren van het Bruine Veld en het op basis hiervan inzichtelijk maken van de kansen en knelpunten voor het verbeteren van de hydrologische / ecologische situatie.

Vragen die hierbij beantwoord dienen te worden zijn:

- Gaat het hier om een lokaal systeem, wat zijn de intrekgebieden hiervan, liggen deze alleen binnen of ook buiten het natuurgebied en hoe vindt de lokale grondwaterstroming plaats?
- (Op welke wijze) wordt het systeem beïnvloed door lokale ontwateringsmiddelen en zijn er wellicht nog andere knelpunten in het hydrologisch functioneren van het gebied?
- Welke maatregelen dragen bij aan het verbeteren van de hydrologische / ecologische situatie?

Aanpak

Het project is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Voorbereiding.
- Gebiedsbeschrijving.
- Veldonderzoek.
- Synthese en conclusies.

Voorbereiding

De voorbereiding betreft het uitvoeren van twee oriënterende veldbezoeken met betrokkenen van Staatsbosbeheer en het opvragen / opzoeken van de beschikbare literatuur / gegevens. Bij het eerste veldbezoek, dat op 9-7-2020 is uitgevoerd, waren projectcoördinator 5.1.2e en hydroloog 5.1.2e van Staatsbosbeheer aanwezig. Bij het tweede veldbezoek, dat is uitgevoerd op 29-7-2020, waren ecoloog 5.1.2e, beheerder 5.1.2e en 5.1.2e van Staatbosbeheer

aanwezig en ook oud SBB-medewerker 5.1.2e was hierbij, aangezien hij als voormalig beheerder van het gebied veel kennis heeft van het vroegere beheer.

Gebiedsbeschrijving

De gebiedsbeschrijving is opgesteld op basis van de beschikbare literatuur, kaarten en losse gegevens en de informatie die is voortgekomen uit de twee oriënterende veldbezoeken. De gebiedsbeschrijving omvat de volgende onderdelen:

- Oriëntatie, met hierin vooral meer algemene informatie van het gebied.
- Beschrijving van de historische ontwikkeling.
- Beschrijving van de geologie en de geohydrologische opbouw.
- Beschrijving van de geomorfologische gesteldheid.
- Beschrijving van de bodemkundige toestand.
- Beschrijving van het hoofd-oppervlaktewatersysteem in de omgeving.
- Beschrijving van het regionale grondwatersysteem.
- Beschrijving van het grondwaterstandsverloop op basis van de meetreeksen van het voormalig hydrologisch meetnet van Staatsbosbeheer in het Bruine Veld.
- Beschrijving van de grondwaterafhankelijke vegetatie / flora.
- Korte beschrijving van de meest waardevolle fauna.

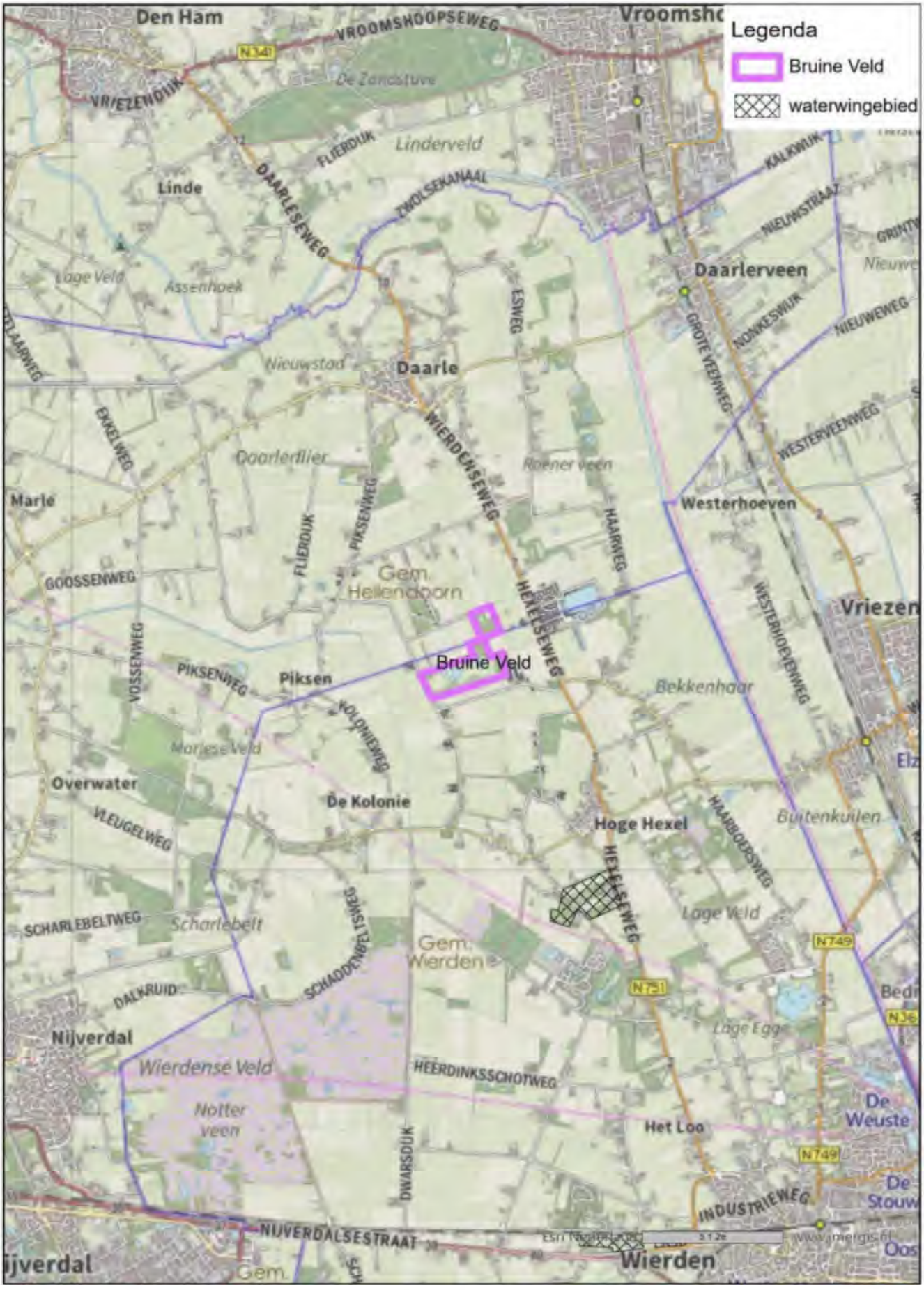
Veldonderzoek

Het veldonderzoek is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Kartering van het lokale oppervlaktewatersysteem.
- Uitvoering van een grondwatersysteemonderzoek, in het kader waarvan op hoofdlijnen de volgende werkzaamheden zijn uitgevoerd:
    - Plaatsing van een tijdelijk hydrologisch meetnet, waarbij de meeste meetpunten in twee raaien zijn geplaatst, om zo twee ecohydrologische dwarsprofielen van het gebied te kunnen vervaardigen. De raaien zijn weergegeven op de verschillende thematische kaarten die in het rapport zijn opgenomen (zie bijvoorbeeld figuur 2.1: topografische kaart).
    - Vervaardiging van een isohypsenkaart voor een vroege voorjaarssituatie door middel van het uitvoeren van eenmalige grondwaterstandsmetingen in een raster van boorgaten en de meetresultaten van de tijdelijke peilbuizen.
- Uitvoering van oriënterend hydrochemisch onderzoek: eenmalige bemonstering van het grondwater (met behulp van de tijdelijke peilbuizen) en van het oppervlaktewater in de laagten.
- Uitvoering van oriënterend bodemchemisch onderzoek, om hiermee de bufferingstoestand en de voedselrijkdom van de bodem in zowel niet als wel geplagde delen van de laagten inzichtelijk te maken, om zo te kunnen bepalen wat het resultaat zal zijn van het aanvullend afplaggen van de toplaag.

Synthese en conclusies

Door integratie van de verworven inzichten wordt het ecohydrologisch functioneren van het natuurgebied inzichtelijk gemaakt en worden de onderzoeksvragen beantwoord.



1:50,000

Figuur 1.1 Overzichtskaart

Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau

2 Gebiedsbeschrijving

2.1 Oriëntatie

Het Bruine Veld ligt tussen de dorpen Daarle en Hoge Hexel (zie figuur 1.1). Het natuurgebied is sinds 1990 eigendom van Staatsbosbeheer, heeft een oppervlakte van 21 ha en ligt te midden van intensief beheerde landbouwgronden. Langs de westgrens van het natuurgebied ligt de Loomsweg en ten zuiden van het natuurgebied ligt de Flierweg (zie figuur 2.1).

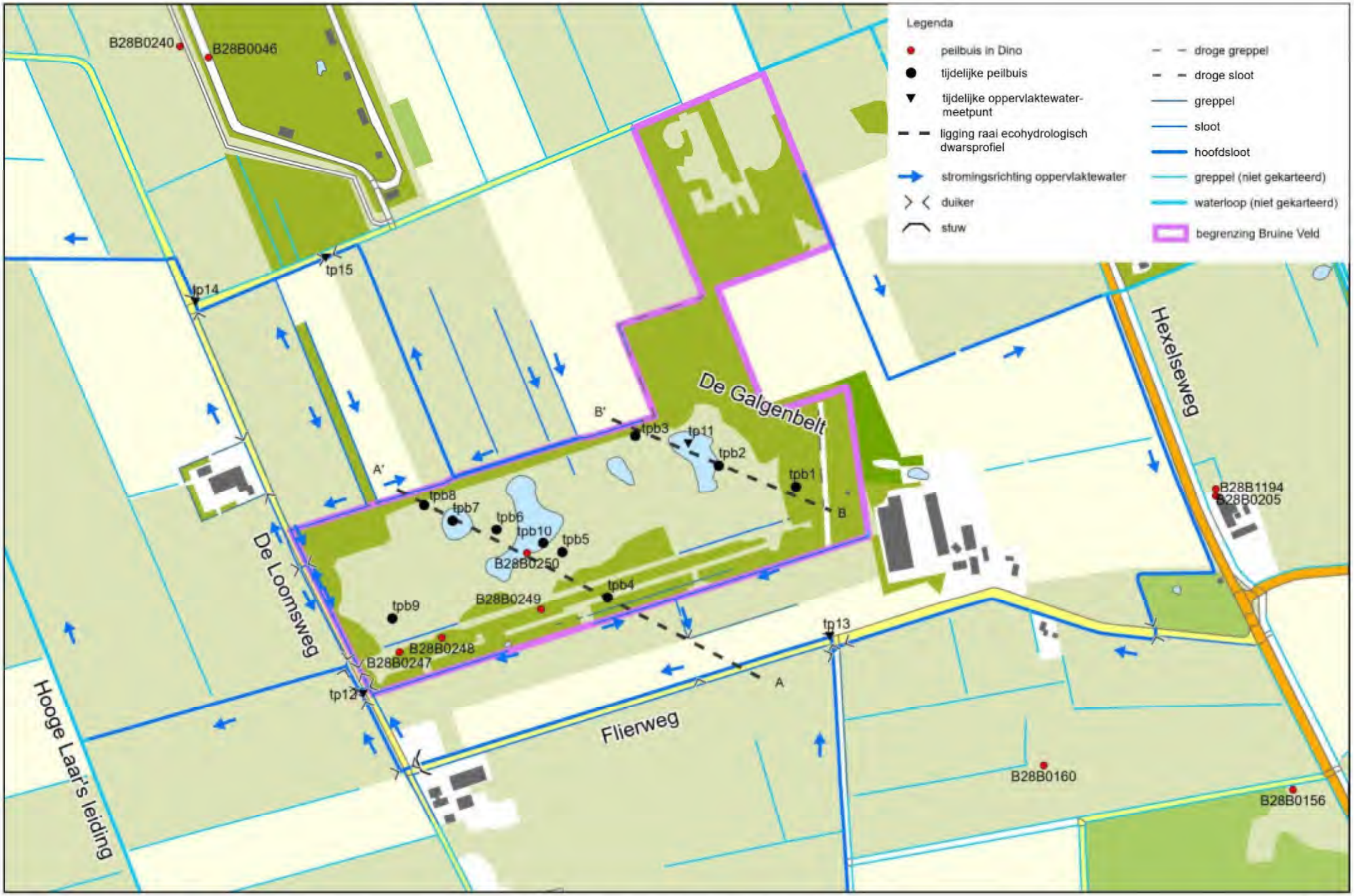
Het natuurgebied betreft een heiderestant waaraan in de jaren '80 in het kader van de ruilverkaveling Daarle-Hellendoorn aan de noord-, oost- en zuidzijde buffers zijn toegevoegd naar het intensief beheerde landbouwgebied in de omgeving. In combinatie hiermee zijn aan de noordoostzijde ook enkele blokken aan het natuurgebied toegevoegd: een klein bosperceel en landbouwgrond waar vervolgens bosontwikkeling heeft plaatsgevonden. De strook aan de zuidzijde zou natuurcamping worden, maar dit kon uiteindelijk worden voorkomen. Met het oog op de ontwikkeling tot natuurcamping is destijds in deze strook een coulissen-landschap gecreëerd en de contouren hiervan zijn ook nu nog duidelijk zichtbaar (zie figuur 2.1).

Het heiderestant is reliëfrijk en er zijn diverse natte laagten aanwezig. Het heiderestant is echter grotendeels sterk vergrast met Pijpenstrootje. In het jaar 2000 zijn in het kader van een OBN-project in enkele laagten plagwerkzaamheden uitgevoerd en in de geplagde delen zijn waardevolle heide- en venachtige vegetaties tot ontwikkeling gekomen (voor beschrijving hiervan: zie paragraaf 2.9). Bij het plaggen van de laagten is ter plaatse van de noordelijke buffer gelijk ook de voormalige bouwvoor verwijderd en zijn hier ook slootrestanten gedempt (Staatsbosbeheer, 2010). Er heeft voor zover bekend geen bekalking plaatsgevonden na het plaggen.

Elders in het heidegebied werd tot aan 2005 af en toe bosopslag verwijderd. In 2006, 2007 en 2009 heeft begrazing met schapen plaatsgevonden (Staatsbosbeheer, 2010). In de hierop volgende jaren heeft geen beheer plaats gevonden, waardoor het heidegebied snel begroeid raakte met bosopslag. Om dit proces tegen te gaan vindt sinds 2014 begrazing met runderen plaats. Hiertoe is ook een raster geplaatst langs de buitenrand van het gebied. In 2017 is veel bosopslag verwijderd (mededelingen 5.1.2e).

Bij Hoge Hexel en Wierden wordt grondwater onttrokken door Vitens ten behoeve van de drinkwatervoorziening. Vitens is momenteel ook bezig met onderzoek naar een nieuwe drinkwaterwinning in het gebied Vriezenveen-Daarlerveen-Daarle. Ten noordoosten van het natuurgebied ligt een kleine zandwinplas: de Tolplas, met in de omgeving hiervan een bungalowpark. Bij de beschrijving van de regionale hydrologie (in paragraaf 2.7) wordt ingegaan op de effecten van de winningen en de zandwinplas op het grondwatersysteem.

Het natuurgebied bevindt zich vooral als gevolg van de nabijheid van een grote varkenshouderij in een zone met verhoogde stikstofdepositie (Staatsbosbeheer, 2010). Dit bedrijf ligt direct ten oosten van het natuurgebied. Uit een Aerius-berekening volgt dat de depositie 1362 mol/ha/j bedraagt, terwijl de kritische depositiewaarde voor droge heide 1071,00 mol/ha/j bedraagt.



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch Adviesbureau

Figuur 2.1 Topografische kaart Bruine Veld

1:7,000

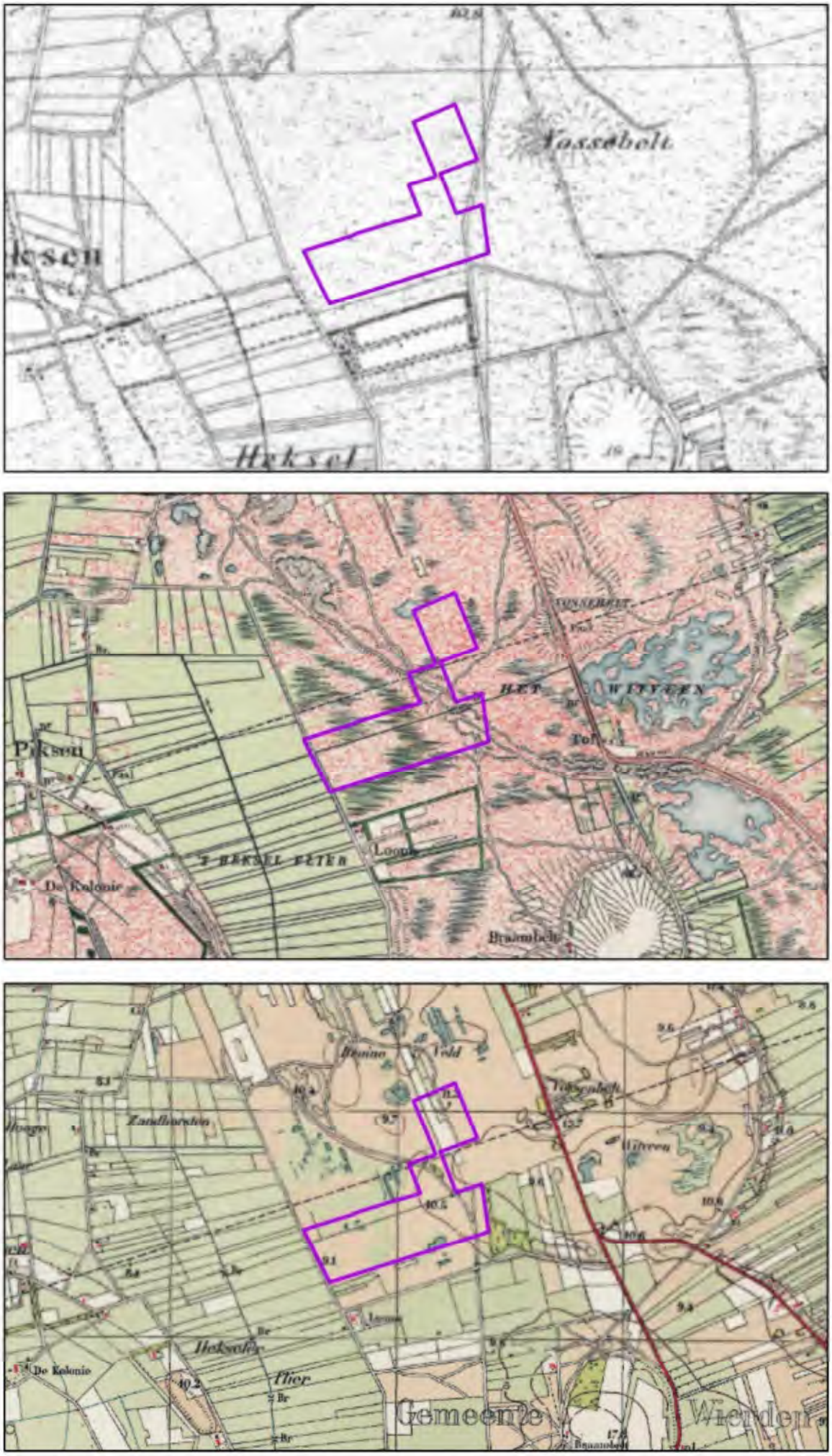
2.2 Historische ontwikkeling

Het Bruine Veld heeft een interessante vroege geschiedenis. In de Middeleeuwen lag het gebied op de grens van Salland en Twente. In het buurtschap Hoge Hexel bevond zich het hoge halsgerecht van Twente met op de dekzandrug De Galgenbelt de galg. Het gebied werd gebruikt als een openbare executieplaats.

Het huidige natuurgebied Bruine Veld is een klein restant van wat in het verleden een uitgestrekt heide- en hoogveengebied was. Op de topografische kaart van 1850 (zie figuur 2.2a) is te zien dat de ontginning van de directe omgeving toen al is begonnen met het creëren van hooilanden ter plaatse van de laaggelegen gronden ten westen van het projectgebied: (Hexelsche Flier) en het hier graven van een waterleiding die tegenwoordig de Hooge Laar's Leiding wordt genoemd. Ook is in 1850 iets ten zuiden van het projectgebied al een kleine ontginning aanwezig (ontginning Looms). Met uitzondering hiervan is het heide- en hoogveenlandschap ten noorden, zuiden en oosten van het natuurgebied dan nog intact en getuige het kaartbeeld van 1891 is dit tot aan het einde van de 19e eeuw het geval. Wel is eind 19e eeuw dwars door het projectgebied heen van oost naar west een sloot aangelegd ten behoeve van de ontwatering van het Witveen: een voormalig hoogveengebied in een laagte ten oosten van het projectgebied.

Op de kaart van 1940 (zie figuur 2.2a) zijn vele kleine veenputjes ingetekend, waaruit volgt dat kleinschalige turfwinning heeft plaatsgevonden. Uit de kaarten van 1940 en 1965 (zie figuur 2.2b) volgt dat de ontginning van de gronden aan de noord-, oost- en zuidzijde in de loop van de 20e eeuw steeds verder is voortgeschreden. Als gevolg van de afgraving van het hoogveen en de ontginning is uiteindelijk alleen een klein heiderestant overgebleven. Hoewel de ontginning van het Hexelse Flier al vroeg is begonnen bleef dit gebied tot in de jaren 1960, toen nog een veel verdergaande drooglegging plaatsvond, nat.

Op de kaart van 1990 (zie figuur 2.2b) is de exacte ligging van het heiderestant goed te zien. Uit de kaart van 1996 (zie figuur 2.2b) volgt de situatie na toevoeging van de bufferzones. In 1983 zijn als onderdeel van de ruilverkaveling Daarle-Hellendoorn aan de zuid-, noordwest- en oostzijde percelen aan het eigendom toegevoegd als buffer naar het intensief beheerde landbouwgebied in de omgeving. Het perceel aan de oostzijde en een smal perceel aan de noordwestzijde waren in gebruik als intensief bemest bouwland. De strook aan de zuidzijde zou natuurcamping worden, maar dit kon uiteindelijk worden voorkomen. De sloot tussen het heiderestant en de zuidelijke buffer is op een paar trajecten na grotendeels gedempt. In 1989 is ook in het noorden een buffer toegevoegd. De oude hoofdsloot op de grens van het heiderestant en de noordelijke buffer is toen afgedamd en in combinatie hiermee is een nieuwe afvoersloot gegraven op de buitengrens van de noordelijke buffer. De afgedamde sloot is later, bij uitvoering van de plagwerkzaamheden en het afgraven van de bouwvoor in de noordelijke buffer, vrijwel geheel gedempt.



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau

Figuur 2.2a Topografische kaarten van Bruine Veld en omgeving 1850 (boven), 1891 (midden) en 1940 (onder)
Bron: Kadaster

1:24,000

Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau

Figuur 2.2b Topografische kaarten van Bruine Veld en omgeving 1965 (boven), 1990 (midden) en 1996 (onder)
Bron: Kadaster

1:24,000

2.3 Geologie en geohydrologische opbouw

De geologie en de geohydrologische opbouw worden toegelicht aan de hand van figuur 2.3 en de beschrijving is opgesteld op basis van de toelichting bodemkaart 1:50.000, (G. Ebbers en R. Visschers, 1983) en de Stratigrafische Nomenclator van Nederland en Regis II (TNO GDN, 2021).

Geologie

De ondergrond van het gebied wordt gevormd door mariene afzettingen van klei en fijn zand die werden afgezet aan het einde van de Tertiair toen dit gebied aan de oostelijke rand van het grote dalingsgebied van het Noordzeebekken lag. Deze afzettingen behoren tot de Formaties van Oosterhout (OOc) en Breda (BRk1). De bovenkant van deze afzettingen ter plaatse van het Bruine Veld ligt op circa 40 m -NAP (Regis II). Daarboven komen rivierzanden voor uit het Vroeg en Midden Pleistoceen. De oudste en diepste rivierzanden zijn van de Formatie van Peize en Waalre (PZWAz2,3 en 4) en zijn circa 15 m dik met daarboven afzettingen van de Formatie van Appelscha (APz1) met een dikte van circa 10 m en van de Formatie van Urk (URz1,2,4 en 5) ook met een dikte van circa 10 m. Al deze rivierzanden zijn doorgaans matig grof tot uiterst grof.

Aan het einde van het Midden Pleistoceen begon het Saalien, een ijstijd waarin het landijs van Scandinavië zich sterk uitbreidde en een deel van Nederland bedekte. Ook in de omgeving van het Bruine Veld werden door het ijs heuvelruggen opgedrukt en zijn stuwwallen ontstaan. De dichtstbijzijnde stuwwallen (de twee langgerekte stuwwallen van Daarle en Hoge Hexel in het oosten en de twee kleine stuwwallen van de Scharlenbelt en een gebied ten zuiden van het buurtschap Piksen in het westen: zie geomorfologische kaart, figuur 2.5) zijn (vrij) laag. Verder naar het westen steken delen van de hoge stuwwallen van de Holterberg en de Archemerberg 60 meter boven de omgeving uit. De gestuwde afzettingen zijn weergegeven als DTc in de REGIS dwarsprofiel van figuur 2.3.

Door het landijs werd als grondmorene keileem afgezet (DRGIk1). Veel keileem is later door erosie verdwenen, en dan met name bij de hoge stuwwallen. De huidige verbreiding en dikte van de keileem volgens REGIS II v2.2 (TNO-GDN) is weergegeven in figuur 2.4a. Vooral in een omvangrijk gebied ten westen van de stuwwallen van Daarle en Hoge Hexel, waar ook het Bruine Veld ligt, is volgens de REGIS-kaart nog een dik pakket keileem aanwezig. In de ondergrond van het Bruine Veld heeft de keileem volgens deze gegevens een dikte van 6 tot 8 meter en komt voor vanaf een diepte van 2 tot 5 m -mv.

Tauw heeft in 2018 deze dikte en verbreiding van de keileem vergeleken met de beschikbare boorgegevens en sonderingen (Bor, 2018, zie figuur 2.4b). Te zien is dat er boringen zijn waar er geen keileem is aangetroffen binnen de verbreidingsgrens en ook boringen buiten de verbreidingsgrens waar er juist wel keileem is aangetroffen. In deze figuur is ook te zien dat er weinig boringen zijn ter plaatse van / in de directe omgeving van het Bruine Veld. In het gebied ten noorden van het Bruine Veld is op drie plekken wel keileem (of klei) aangetroffen en op twee plekken niet. Op de boorlocatie ten noordwesten van het Bruine Veld waar de keileem wel is aangetroffen (B28B0046) bedraagt de dikte hiervan 5,3 meter en ligt de bovenzijde ervan op 7,4 m -mv. Op de boorlocatie direct ten noordoosten hiervan (B28B0045) is echter geheel geen keileem (of klei) aangetroffen, terwijl hier wel tot een diepte van 40 meter -mv is geboord. Dus hoewel de REGIS-kaart suggereert dat er ter plaatse van het Bruine Veld een dikke laag keileem voorkomt, is dat in feite onzeker: ook hier kunnen zich immers zwakke plekken of zelfs gaten in de keileem bevinden.

Bij het afsmelten van het landijs werden door het smeltwater afzettingen gevormd. Deze fluvioglaciale afzettingen komen ook voor onder het Bruine Veld en worden dikker naar het westen toe. Ze bestaan over het algemeen uit grindhoudende, grove zanden (DRz1 en 3).

In het Eemien, de warmer periode na het Saalien, raakte het gebied weer begroeid met bos. Er zijn geen afzettingen van deze periode bekend onder het Bruine Veld.

Boven de fluvioglaciale afzettingen bevinden zich afzettingen uit het laatste ijstijd, het Weichselien (circa 60000-10000 jaar geleden). Deze afzettingen horen bij de Formatie van Boxtel (BXz2,3 en 4). Het landijs bereikte Nederland niet maar het was zeer koud en er zijn perioden geweest dat de bodem permanent bevroren was en er weinig plantengroei mogelijk was. De oudste afzettingen van deze periode zijn fluvioperiglaciale zanden. Regen- en dooiwater konden niet in de permafrost doordringen en moesten over het oppervlak worden afgevoerd. Tussen de stuwwallen ontstond een uitgebreid stelsel van beken en kleine riviertjes. In de beddingen hiervan vond afzetting plaats van fijn tot grof zand met grind, leemlaagjes en dunne veenbandjes. Daarna, in de koudste periode van de Weichselien, heeft de wind een pakket fijne dekzanden afgezet. Later in het Weichselien, toen de permafrost al weg was, kon het water wel in de ondergrond wegzakken. De wind heeft toen plaatselijk duinen, ofwel ruggen afgezet. De samenstelling van de dekzandruggen is iets grover dan het oudere dekzand. Volgens Regis II bedraagt ter plaatse van het Bruine Veld de totale dikte van de afzettingen van de Formatie van Boxtel circa 1 à 3 meter.

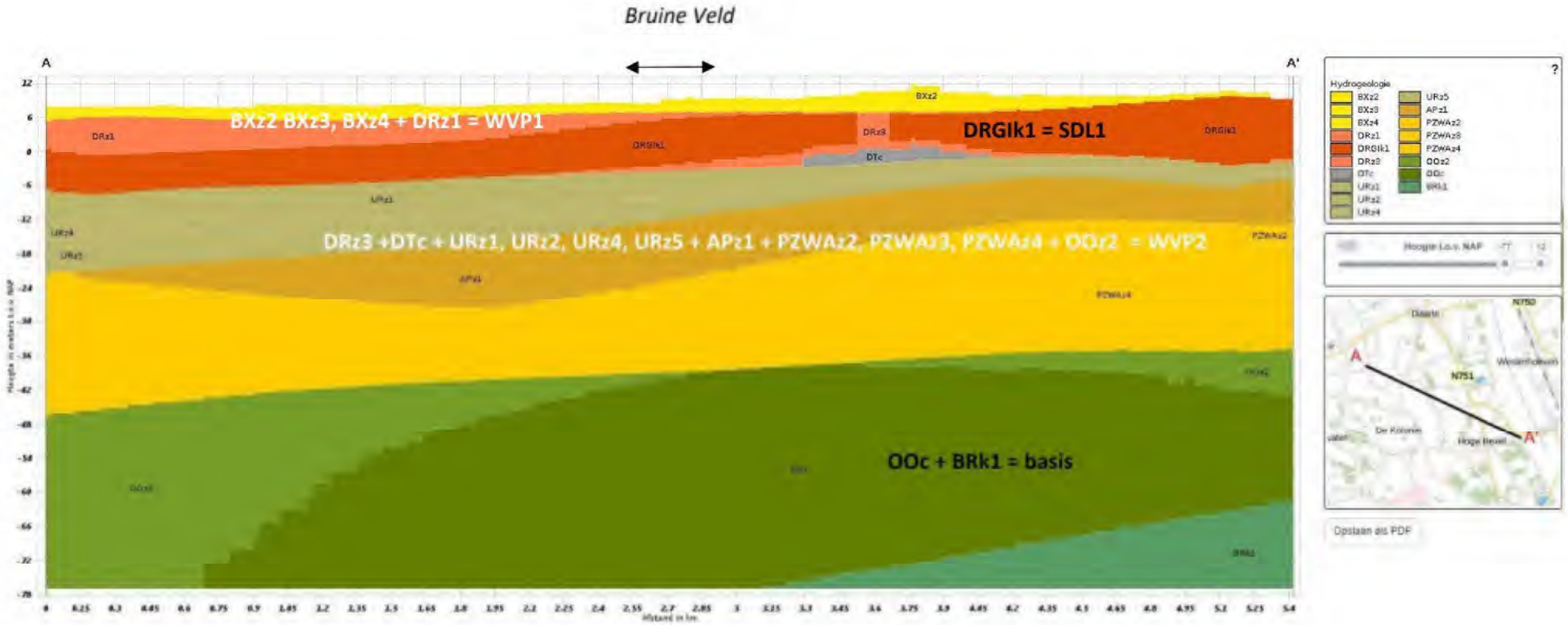
De dekzandruggen blokkeerden vaak de bestaande ontwatering, waardoor de gebieden tussen de stuwwallen zeer nat werden. In het Laat Weichselien ontstonden veel moerassen, waarin veen gevormd werd. In het Holoceen ging de veengroei in de moerassen door en is hoogveenmoeras ontstaan. Dit veen is bijna overal afgegraven.

Geohydrologische opbouw

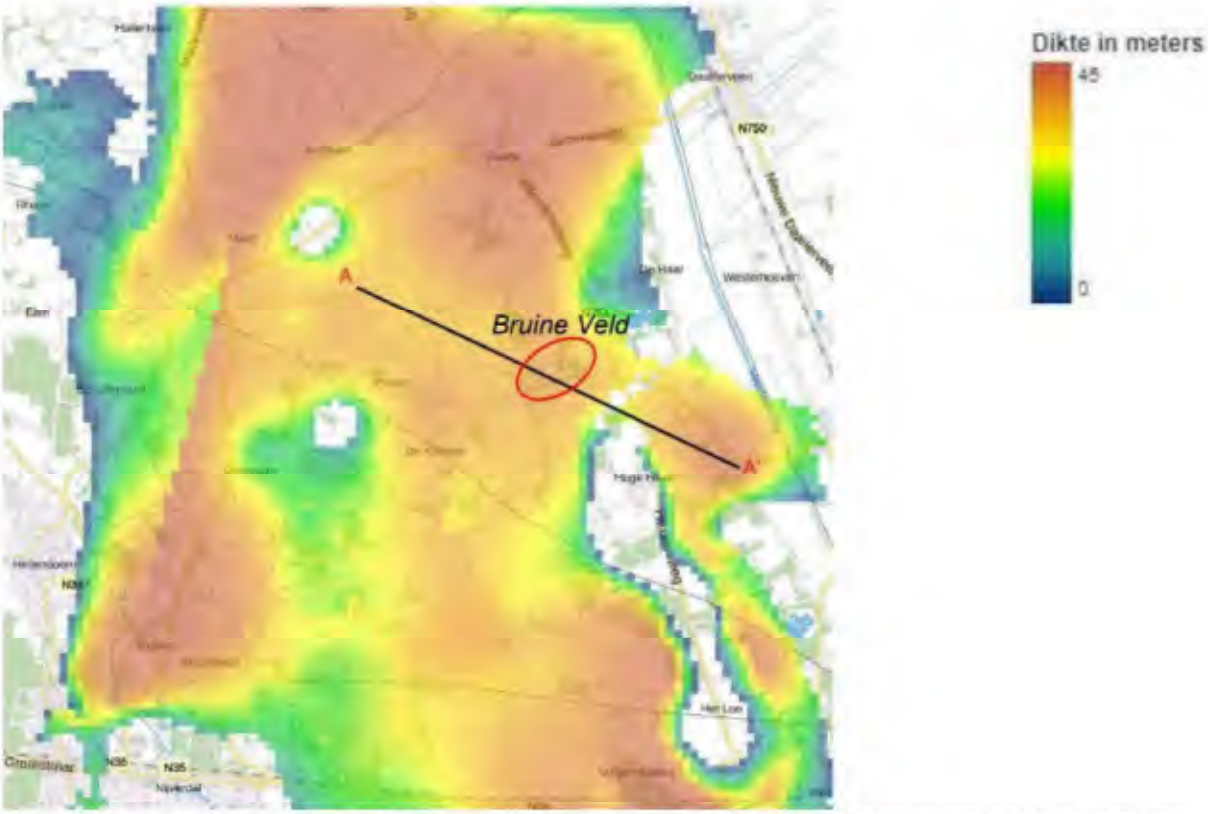
De geohydrologische opbouw van het gebied is als volgt:

- Eerste watervoerende pakket, bestaande uit de dekzanden en de voornamelijk zandige fluvioperiglaciale afzettingen van de Formatie van Boxtel, naar beneden toe eventueel in combinatie met de grove, grindhoudende fluvioglaciale zanden van de Formatie van Drente. De dikte hiervan loopt (volgens Regis) uiteen van 1,5 tot 5 meter.
- Tussen het eerste en tweede watervoerende pakket ligt een slecht doorlatende laag die bestaat uit de keileem van de Formatie van Drente. Deze keileemlaag is ter plaatse van het Bruine Veld en de omgeving hiervan (volgens Regis) circa 6 à 8 meter dik.
- Hieronder ligt een circa 35 meter dik tweede watervoerende pakket dat bestaat uit grove rivierzanden.
- De praktisch ondoorlatende hydrologische basis wordt gevormd door de bovenzijde van de tertiaire kleiige en fijnzandige afzettingen en ligt op circa 40 m - NAP.

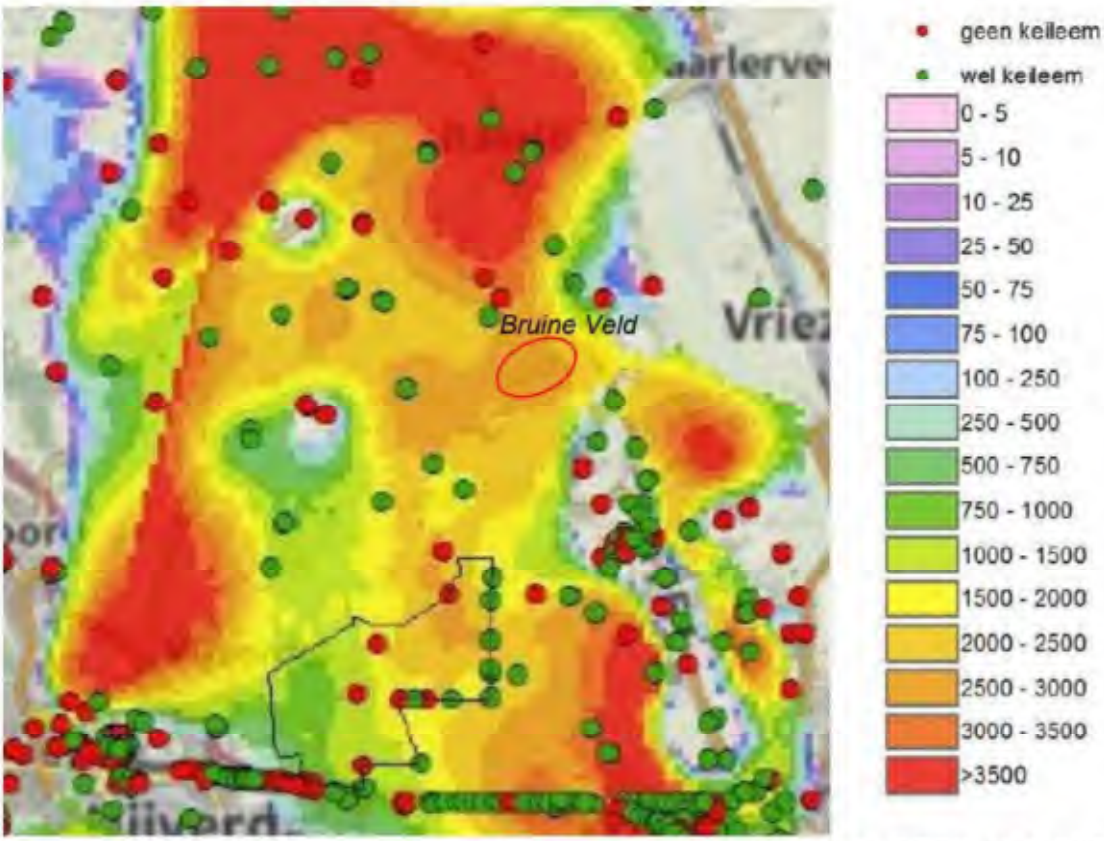
Vooral in het verleden was bovenop het eerste watervoerende pakket vaak nog een veenlaag aanwezig met aan de basis hiervan een stagnerende laag (meestal een verkitte B-horizont of een gliede), waardoor hier dus boven het eerste watervoerende pakket nog een ondiep systeem werkzaam was. In de omgeving van het natuurgebied is het veen echter geheel afgegraven en zijn de betreffende gebieden vervolgens ontgonnen. Wat de huidige situatie ten aanzien hiervan in het natuurgebied is blijkt uit de resultaten van het grondwatersysteemonderzoek (zie paragraaf 3.3).



Figuur 2.3 Geologisch dwarsprofiel, REGIS II v2.2 (TNO-GDN)



Figuur 2.4a Verbreiding en dikte keileem in meters (DRGIk1), REGIS II v2.2 (TNO-GDN)



Figuur 2.4b Verbreiding en weerstand keileem in dagen (DRGIk1), REGIS II v2.2 (TNO-GDN) met daarop de boringen en sonderingen weergegeven en of er wel of geen keileem is aangetroffen. Bron: Tauw, 2018.

2.4 Geomorfologie

De geomorfologische gesteldheid van het gebied wordt toegelicht aan de hand van de geomorfologische kaart (figuur 2.5) en de hoogtekaart (figuur 2.6). De hoogtekaart is gebaseerd op het AHN3-hoogtebestand.

In de omgeving van het Bruine Veld liggen vier lage stuwwallen: ten noordoosten ligt de langgerekte stuwwal van Daarle, ten zuidoosten ligt de eveneens langgerekte stuwwal van Hoge Hexel en wat verder naar het (zuid)westen liggen nog twee kleine stuwwallen: de Scharlenbelt en een kleine stuwwal ten zuiden van het buurtschap Piksen. Het Bruine Veld bevindt zich ter hoogte van de onderbreking tussen de stuwwallen van Daarle en Hoge Hexel. De stuwwal van Daarle bereikt een hoogte van net onder de 14 m +NAP. De stuwwal van Hoge Hexel is wat groter en het maaiveld hiervan loopt op tot net onder de 18 m +NAP.

Rond de stuwwallen liggen gordeldekzandruggen en tussen deze ruggen en de stuwwallen bevinden zich zones met vooral gordeldekzandwelvingen. De gordeldekzandrug die rond het zuidelijke deel van de stuwwal van Daarle ligt doorkruist het noordoostelijke deel van het natuurgebied en wordt hier de Galgenbelt genoemd. De hoogte van de Galgenbelt bedraagt 10,5 à 11,5 m +NAP. Tussen deze dekzandrug en de stuwwal van Daarle bevindt zich een laagte. Het laagste deel hiervan ligt op 9-9,5 m +NAP.

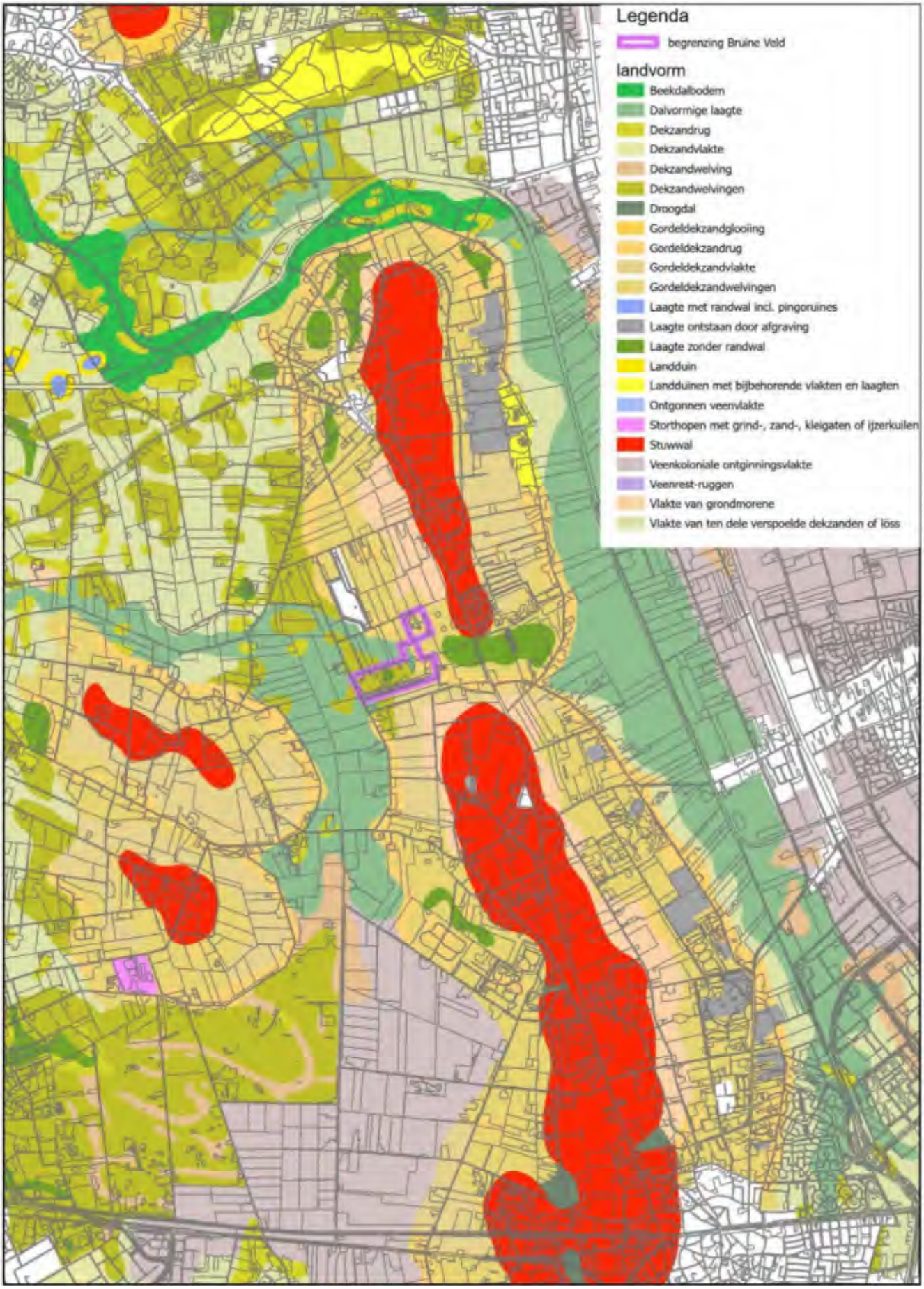
Tussen de twee kleine door gordeldekzandruggen omringde stuwwallen in het westen en de twee eveneens door gordeldekzandruggen omringde, langgerekte stuwwallen in het oosten bevindt zich een omvangrijke dalvormige laagte: dit is de laagte van het Hexelse Flier. Het maaiveld ligt hier op 7,5 tot 8,5 +mNAP. De laagte ligt direct ten westen van het natuurgebied en heeft ook een uitloper naar het gebied ten noorden van het Bruine Veld. De oostelijke laagte in het natuurgebied betreft het begin van deze uitloper en de centrale laagte wordt gezien als een afzonderlijke ronde laagte die wel in verbinding staat met de smalle dalvormige laagte aan de noordzijde. Op basis van de hoogtekaart volgt dat beide laagten via een drempel in verbinding staan met de dalvormige laagte aan de noordzijde en dus beiden het best kunnen worden beschouwd als overlooplaagten (in plaats van een afzonderlijke laagte of een onderdeel van de dalvormige laagte). De rest van het natuurgebied wordt op de geomorfologische kaart aangegeven als dekzandwelvingen.

De hoogtekaart laat zien dat de lokale geomorfologie veel gevarieerder is dan uit de geomorfologische kaart blijkt: in het natuurgebied zijn behalve de centrale en de oostelijke laagte nog veel andere laagten aanwezig. Al deze laagten worden bovendien omringd door vele kleine dekzandruggen. In de laagten ligt het maaiveld op circa 8 m +NAP. Ter plaatse van de lokale ruggetjes ligt het maaiveld tot circa 2 m hoger. Ter plaatse van de tijdelijke peilbuis tpb4 is een wat grotere dekzandrug aanwezig die zuidwest - noordoost is georiënteerd.

Zowel op de hoogtekaart als in het veld is goed zichtbaar dat de zuidelijke bufferzone (waar de natuurcamping zou komen) is geëgaliseerd. Als gevolg hiervan is niet alleen de dekzandrug waar tpb4 staat, maar ook een kleinere dekzandrug ten westen hiervan doorsneden en zijn de (flanken van de) laagten tussen deze ruggen in en aan weerszijden hiervan opgehoogd.

In 2000 is in het kader van het OBN-project de toplaag van de bodem van de oostelijke laagte, de noordwestelijke helft van de centrale laagte en de kleine laagte ten noordwesten van de centrale laagte afgeplagd. In samenhang hiermee is toen ook de bouwvoor afgegraven van de voormalige landbouwgrond ter plaatse van de noordelijke bufferzone. Zodoende ligt in deze zone het maaiveld relatief laag.

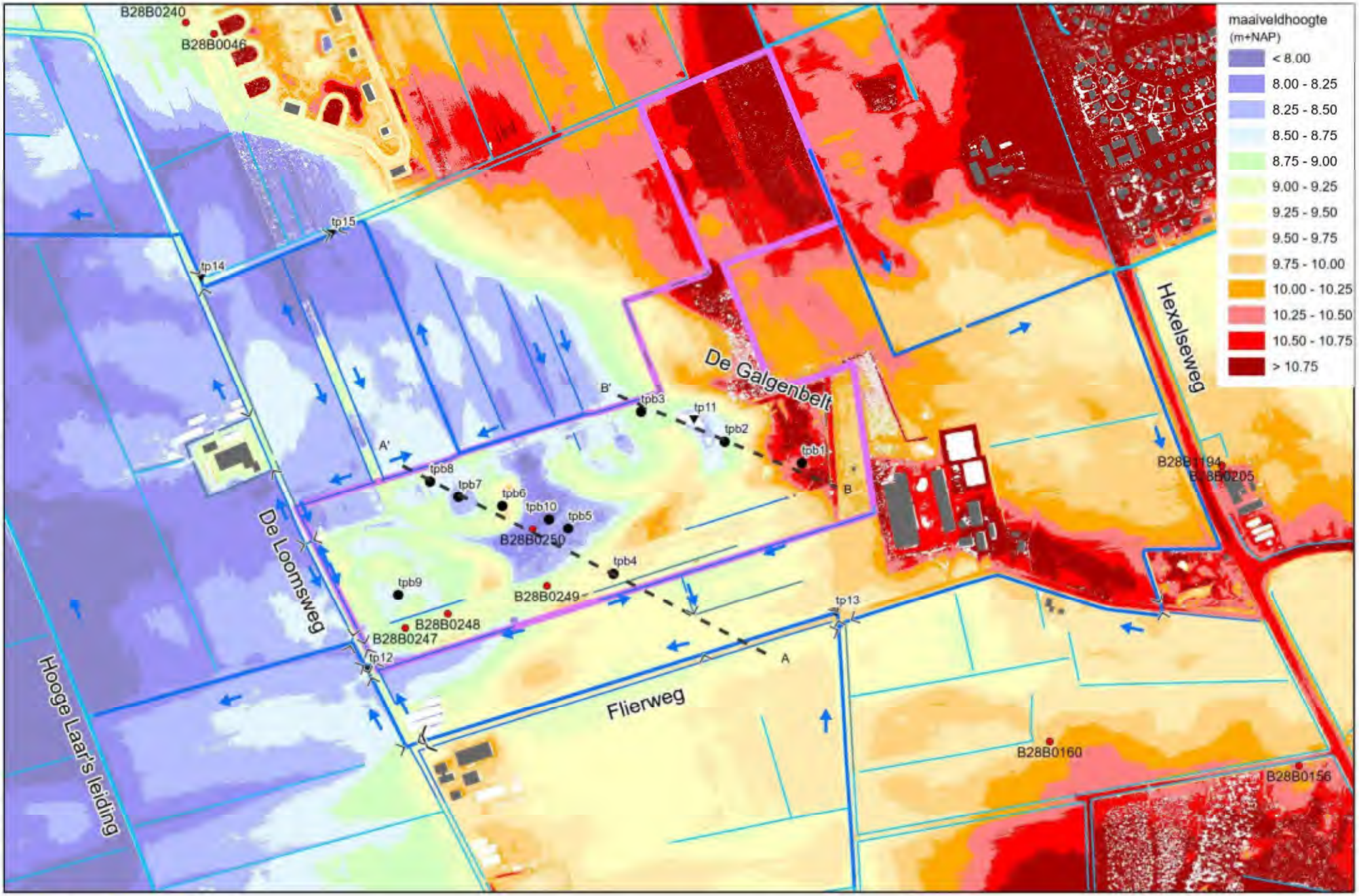
Ook het maaiveld van de oostelijk bufferzone ligt opvallend laag en vlak en het betreffende perceel doorsnijdt daarbij ook de dekzandrug van de Galgenbelt. Dit wijst erop dat hier een combinatie van afgraving en egalisatie heeft plaatsgevonden.



1:50,000

Figuur 2.5 Geomorfologische kaart

Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch Adviesbureau

Figuur 2.6 Maaiveldhoogte Bruine Veld

1:7,000

2.5 Bodem

De bodemkaart (BRO-bodemkaart 1:50.000, 2018) is weergegeven in figuur 2.7. Ter plaatse van de dekzandgronden in het Bruine Veld komen veldpodzolgronden voor die bestaan uit leemarm en zwak lemig fijn zand (Hn21). Veldpodzolgronden zijn karakteristiek voor inzijging van neerslag in vochtige tot natte gebieden. In de dalvormige laagten aan de noord- en vooral westzijde van het natuurgebied liggen beekeerdgronden en dit zou volgens de bodemkaart ook het geval zijn in de grote centrale laagte in het natuurgebied. Uit de resultaten van het veldonderzoek volgt echter dat in de niet geplagde zuidoostelijke helft van de laagte een dunne restveenlaag aanwezig is, wat betekent dat hier in feite sprake is van een moerige bodem. Bovendien is ook in (delen van) sommige andere laagten een moerige bodem aangetroffen (zie hoofdstuk 5).

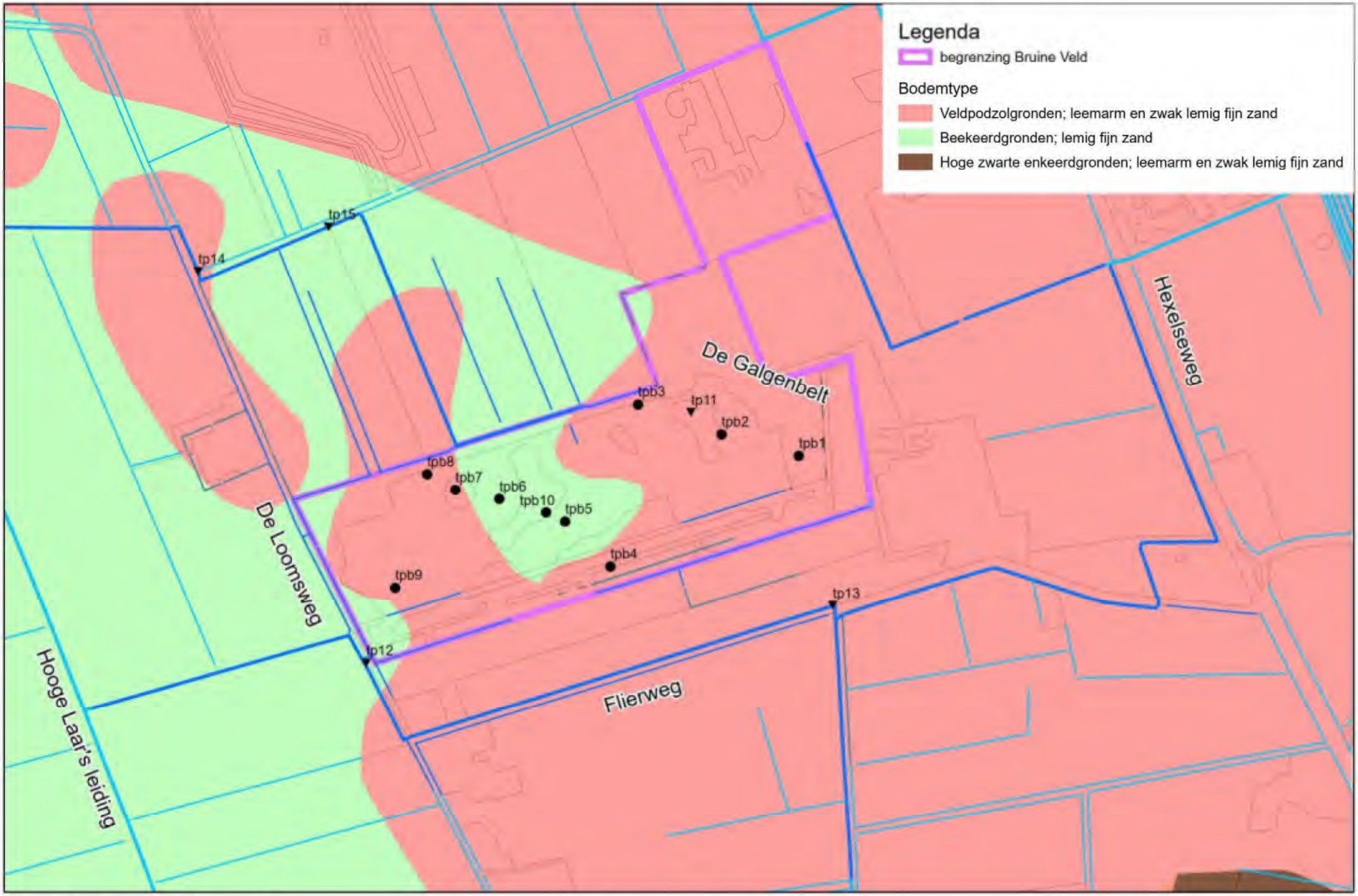
2.6 Hoofdoppervlaktewatersysteem

Het Bruine Veld ligt in het stroomgebied van de Hooge Laar's Leiding. Deze leiding is gegraven in de laagte ten westen van het natuurgebied: het Hexelse Flier. De Hooge Laars's Leiding is in beheer van Waterschap Vechtstromen. De leiding begint ter hoogte van het Wierdense Veld en voert in eerste instantie af in noordelijke richting. Voorbij het Bruine Veld maakt de leiding een bocht naar het westen toe om vervolgens ten zuiden van Marle uit te monden in de Midden-Regge. Er zijn meerdere stuwen aanwezig in de leiding. De stuwpeilen van de Hooge Laar's Leiding ter hoogte van het Bruine Veld bedragen 7,0 m +NAP (zomerpeil) en 6,85 m +NAP (winterpeil).

Ten noorden en ten zuiden van het Bruine Veld liggen twee hoofdsloten die afvoeren op de Hooge Laar's Leiding. De noordelijke hoofdsloot begint op de noordgrens van het natuurgebied en watert vervolgens ten noordwesten van het natuurgebied via enkele haakse bochten en onder de Loomsweg door af op de Hooge Laar's Leiding. De zuidelijke hoofdsloot ligt langs de Flierweg, op ruim 100 meter van de zuidgrens van het natuurgebied. De zuidelijke hoofdsloot watert ter plaatse van de zuidwesthoek van het natuurgebied onder de Loomsweg door af op de Hooge Laar's Leiding. Net voordat de zuidelijke hoofdsloot onder de Loomsweg door wordt geleid staat een stuw. Het zomerpeil van deze stuw bedraagt 8,15 m +NAP en het winterpeil 7,9 m +NAP.

Ook in de laagte ten (noord)oosten van het Bruine Veld ligt een hoofdsloot (zie figuur 2.6). Via deze hoofdsloot watert het landbouwgebied in de laagte tussen de Galgenbelt en de stuwwal van Daarle af. De hoofdsloot watert via een omweg langs de Hexelse Weg af op de zuidelijke hoofdsloot langs de Flierweg en doorsnijdt daarbij de gordeldekzandrug van de Galgenbelt. In het verleden waterde de oostelijke hoofdsloot direct in westelijke richting af via de (inmiddels gedempte) voormalige hoofdsloot op de grens van het heiderestant en de noordelijke buffer van het natuurgebied.

Het functioneren van het lokale greppel- en slotenstelsel in de directe omgeving van het natuurgebied en het functioneren van het oppervlaktewatersysteem in het natuurgebied zelf worden beschreven aan de hand van de resultaten van de veldinventarisatie van het lokale oppervlaktewatersysteem (zie paragraaf 3.2).



Figuur 2.7 Bodemkaart Bruine Veld

1:7,000

2.7 Regionale grondwatersysteem

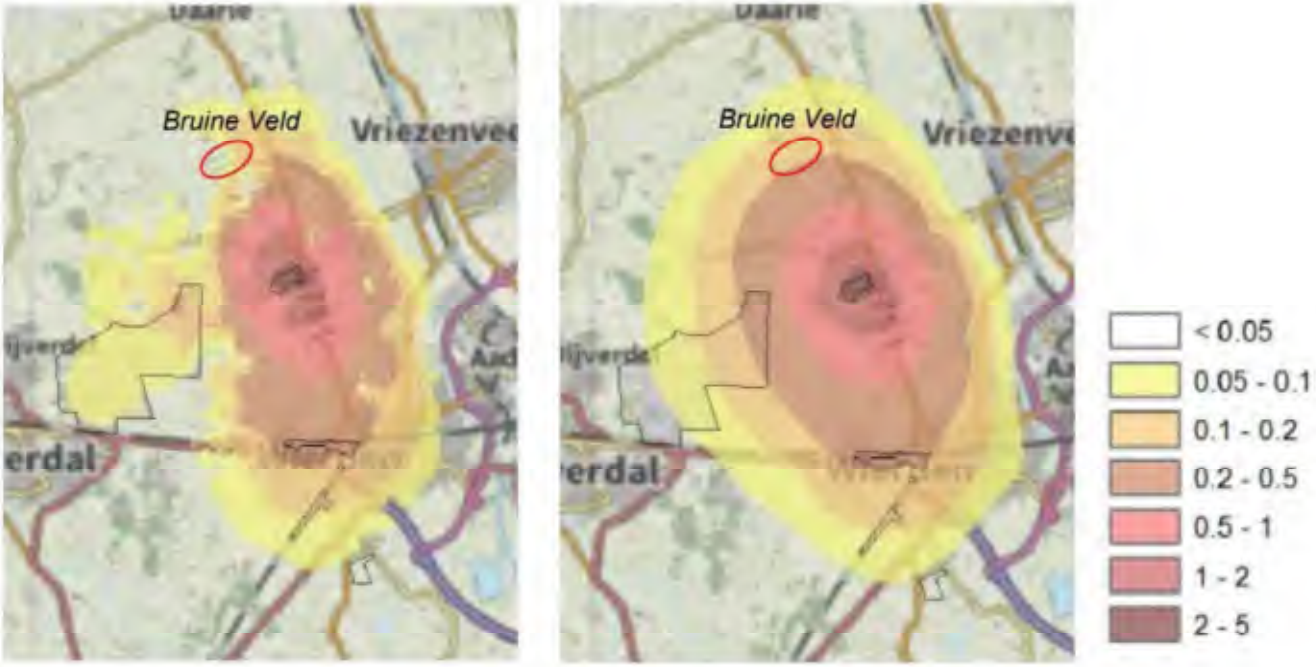
De regionale grondwaterstroming vindt plaats via het tweede watervoerende pakket. De hoog gelegen gebieden vanaf de stuwwallen tot en met de omringende gordelzekzand-ruggen vormen belangrijke infiltratiegebieden voor het regionale systeem: regenwater dat hier (via de eventueel aanwezige keileemlaag) in de bodem infiltreert voedt het diepe grondwater van het tweede watervoerende pakket. De twee langgerekte stuwwallen van Hoge Hexel en Daarle vormen tevens een waterscheiding en het Bruine Veld ligt aan de westkant van deze waterscheiding. De omvangrijke dalvormige laagte van het Hexelse Flier ten westen van het Bruine Veld vormt een belangrijk kwelgebied. Dus in samenhang met de voeding vanuit de stuwwallen en de kwel in het Hexelse Flier stroomt het grondwater ter plaatse van het Bruine Veld in westelijke richting af.

Ter plaatse van de drinkwaterwinning Hoge Hexel, op circa 2 km ten zuidoosten van het natuurgebied, wordt grondwater onttrokken aan het tweede watervoerende pakket. De jaarlijkse vergunde capaciteit bedraagt 2,5 miljoen m3/jaar (Provincie Overijssel, 2017). Ten zuiden hiervan ligt de drinkwaterwinning Wierden met een jaarlijks vergunde capaciteit van 8 miljoen m3/jaar (Provincie Overijssel, 2017).

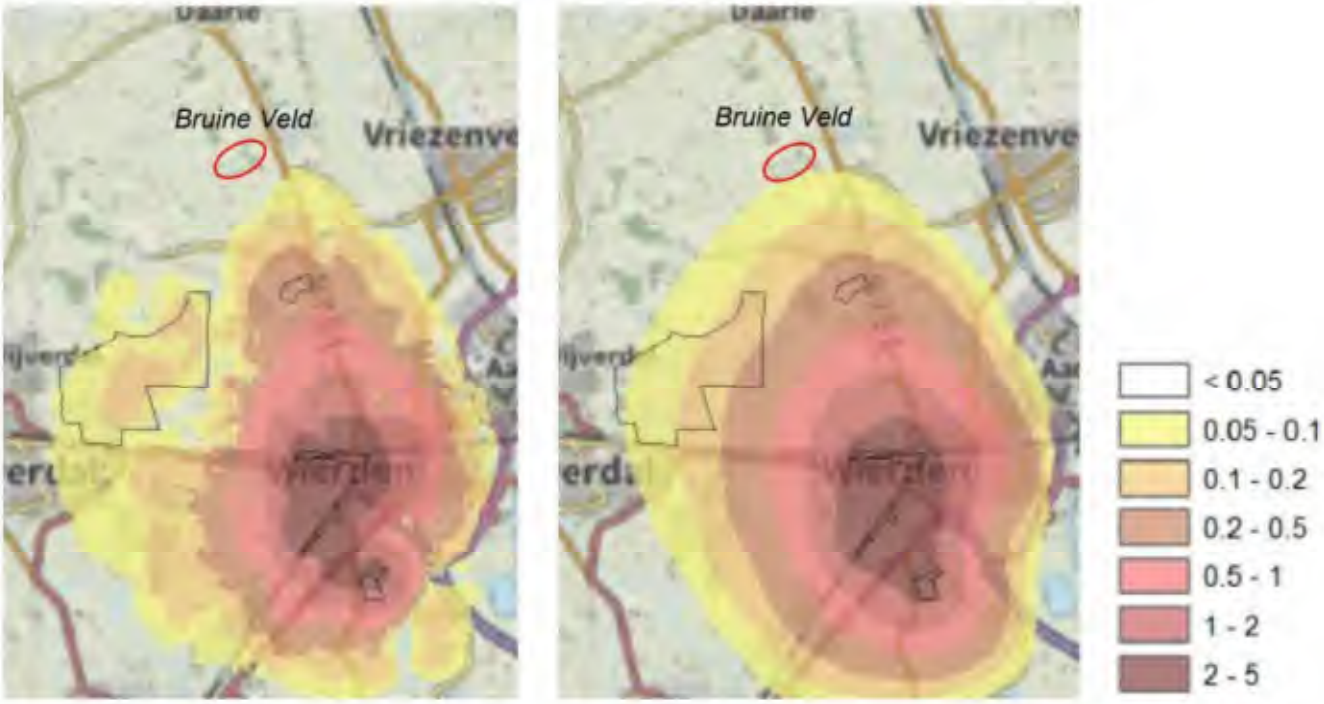
De effecten van beide winningen op de stijghoogten in het tweede watervoerende pakket en de grondwaterstanden in het eerste watervoerende pakket zijn berekend door Tauw (M. Bor, 2018) en weergegeven in dit rapport in figuur 2.8. De winning Wierden heeft volgens de berekeningen geen invloed op de stijghoogten en grondwaterstanden onder het Bruine Veld. De dichterbij gelegen winning Hoge Hexel heeft wel invloed: ter plaatse van het Bruine Veld veroorzaakt de winning een berekende stijghoogteverlaging van 10 tot 20 cm in het tweede watervoerende pakket en in het eerste watervoerende pakket wordt in het oostelijke deel van het natuurgebied een grondwaterstandsverlaging van 5 tot 15 cm berekend. Verder naar het westen is de berekende invloed < 5 cm terwijl er daar dus wel een invloed is op de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket. Dit heeft te maken met de sterk drainerende werking van de sloten in de aangrenzende landbouwgebieden. Ofwel: er is hier geen extra negatief effect van de winning ten opzichte van het sterke verdrogende effect van de slotenstelsels. Als gevolg hiervan zal het (denkbeeldig) stopzetten van de winning in dit deel van het natuurgebied dus niet resulteren in een grondwaterstandsverhoging, maar alleen in een toename van de kwelflux naar de sloten, maar de weergave van dit effect ontbreekt in de weergegeven figuren.

Ander aandachtspunt is dat voor de afleiding van het effect van de winningen op het Bruine Veld in feite ook het cumulatieve effect van beide winningen in ogenschouw moet worden genomen. Omdat het Bruine Veld maar net buiten de 5 cm contour van de winning Wierden ligt, zal dit gezamenlijke effect dus iets groter zijn dan alleen het effect van de winning Hoge Hexel.

Vitens is momenteel ook bezig met onderzoek naar de mogelijkheden voor een nieuwe drinkwaterwinning in het gebied Vriezenveen-Daarlerveen-Daarle, dus ten noordoosten van het projectgebied. Er is bij het schrijven van dit rapport nog geen verslag hiervan verschenen. Maar ook in relatie met deze eventuele nieuwe winning is het dus zaak om ook de cumulatieve effecten te laten berekenen.



Figuur 2.8a Verhoging GHG (m) in 1e watervoerende pakket (links) en gemiddelde verhoging (m) in 2e watervoerende pakket (rechts) als gevolg van uitzetting waterwinning Hoge Hexel (M. Bor, Tauw 2018)



Figuur 2.8b Verhoging GHG (m) in 1e watervoerende pakket (links) en gemiddelde verhoging (m) in 2e watervoerende pakket (rechts) als gevolg van uitzetting waterwinning Wierden (M. Bor, Tauw 2018)

Op circa 1 km ten noordoosten van het natuurgebied ligt sinds eind jaren '80 / begin jaren '90 een kleine zandwinplas: de Tolplas (zie figuur 2.2b). Volgens de gegevens van REGIS II v2.2 en Tauw, 2018 is er in het gebied waar de plas is gegraven geen keileem aanwezig, dus door de aanleg van de plas is de keileem hier ook niet doorsneden. Wel mag worden verwacht dat de vlakke oppervlaktewaterspiegel van de plas de hellende grondwaterspiegel aansnijdt, waardoor de westzijde van de plas een drainerende werking op het grondwatersysteem heeft, waardoor in deze zone de functie van de stuwwal van Daarle als voedingsgebied minder optimaal is. Het Bruine Veld ligt op ruime afstand van de plas (1 km) en ondervindt hiervan daarom geen nadelige invloed. Bovendien wordt de functie van de stuwwallen en de omliggende hoog gelegen gebieden als voedingsgebied veel sterker aangetast door de drainerende werking van de slotenstelsels die hier aanwezig zijn.

Het ecohydrologisch functioneren van het natuurgebied het Bruine Veld wordt vooral bepaald door het lokale systeem boven de keileemlaag. Hierop wordt in het kader van het veldonderzoek ingegaan in hoofdstuk 3.

2.8 Grondwaterstandsverloop

Vanaf 1994 tot en met 2004 was in het Bruine Veld een hydrologisch meetnet van Staatsbosbeheer aanwezig. Het meetnet bestond uit vier peilbuizen allen met onderkant filter op circa 2 m -mv. De grondwaterstanden zijn 2 keer per maand gemeten met een hiaat in 1995. De locaties van de peilbuizen zijn aangegeven op de topografische kaart (figuur 2.1) en de hoogtekaart (figuur 2.6). Drie van de vier peilbuizen stonden in een raai in de relatief hoog gelegen zuidelijke buffer. De codes van deze peilbuizen zijn B28B0247 t/m B28B0249 (SBB-codes B1 t/m B3). De vierde buis, B28B0250 (B4), stond in de grote centrale laagte, in de zandlaag onder de hier toen nog aanwezige oppervlakkige restveenlaag. De grondwaterstandsmetingen van peilbuis B28B0250 lopen tot eind oktober 2000. Waarschijnlijk is de peilbuis verdwenen bij de uitvoering van de plagwerkzaamheden in 2000. De grafieken van het grondwaterstandsverloop van deze peilbuizen zijn weergegeven in bijlage 1.

Met gebruik van deze reeksen zijn met behulp van het programma Menyanthes tijdreeksmodellen vervaardigd. Deze tijdreeksmodellen zijn in de eerste plaats gebruikt om af te leiden of er in de reeksen een effect detecteerbaar is van de maatregelen die in 2000 zijn uitgevoerd. Hiervoor konden dus alleen de reeksen van de peilbuizen in de zuidelijke buffer (B28B0247 t/m B28B0249) worden gebruikt. Hiertoe zijn enerzijds tijdreeksmodellen vervaardigd met alleen de neerslag en de verdamping als verklarende reeksen en anderzijds modellen waarbij in het jaar van uitvoering van de maatregelen ook een staptrend is toegevoegd. De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in bijlage 2. Uit de resultaten volgt dat voor al deze peilbuizen de verklaarde variantie (EVP) zonder toevoeging van een staptrend al hoog is, namelijk groter dan 70%. Het toevoegen van een staptrend in oktober 2000 geeft slechts een kleine verbetering in de verklaarde variantie, ofwel EVP (1-4%). Doorgaans wordt een verbetering van de verklaarde variantie van <5% gezien als niet significant. Op de locatie van de peilbuizen is er dus geen significant effect van de maatregelen op de grondwaterstanden, wat ook logisch is, omdat met de toen uitgevoerde maatregelen de werking van het grondwatersysteem niet wezenlijk is veranderd en omdat deze drie peilbuizen bovendien niet in de zone stonden waar de maatregelen zijn uitgevoerd.

De tijdreeksmodellen zijn in de tweede plaats gebruikt om de GXG's voor de verschillende peilbuizen in de periode 1994 t/m 2004 (of in het geval van B28B0250 t/m 2000) te bepalen. Dit geeft betere resultaten dan afleiding van de GXG's op basis van de meetreeksen zelf, omdat zo het probleem van droogval van filters in zeer droge zomers wordt omzeild (zie

zomersituaties van 1996 en 2003 in de grafieken). De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in tabel 2.1.

Uit de resultaten van deze analyse en ook de grafieken van het grondwaterstandsverloop volgt dat de grondwaterstand in de betreffende periode niet alleen in de buffer maar ook in de centrale laagte in aanzienlijke mate fluctueerde, met daarbij uiteraard relatief droge omstandigheden in de hoger gelegen buffer en relatief natte omstandigheden in de centrale laagte. In de centrale laagte steeg de grondwaterstand in de zandondergrond in de winter aan of nabij maaiveld (GHG = 0,11 m -mv) en in de zomer zakte de grondwaterstand in de zandondergrond tot 1 à 1,3 m -mv weg (GLG = 1,10 m -mv). De toenmalige situatie in de oppervlakkige restveenlaag is onbekend, omdat er hierin geen ondiep filter aanwezig was.

Omdat in het gebied zelf en ook in de omgeving hiervan na 2000 voor zover bekend geen ingrepen in de waterhuishouding zijn uitgevoerd is het hier geschetste beeld op hoofdlijnen ook representatief voor het grondwaterstandsverloop vanaf 2001 tot op heden. Hierbij moet in relatie tot peilbuis B28B0250 uiteraard wel rekening gehouden worden met het feit dat hier als gevolg van het afplaggen van de veraarde veenlaag het maaiveld lager is komen te liggen, waardoor de huidige GXG's ten opzichte van maaiveld dus anders zijn dan de in tabel weergegeven waarden. De actuele grondwatersituatie is op basis van het uitgevoerde veldonderzoek in beeld gebracht (zie hoofdstuk 3).

Tabel 2.1 GXG-waarden voor de oude peilbuizen B28B0247 t/m B28B0250

NITGCode	Filter	Maaiveld	GLG	GVG	GHG	GLG	GVG	GHG
		[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m-mv]	[m-mv]	[m-mv]
B28B0247	1	8.71	7.15	7.90	8.08	1.56	0.81	0.63
B28B0248	1	9.17	7.44	8.26	8.44	1.73	0.91	0.73
B28B0249	1	9.08	7.50	8.34	8.49	1.58	0.74	0.59
B28B0250	1	8.40	7.30	8.22	8.29	1.10	0.18	0.11

2.9 Vegetatie

Inleiding

De vegetatie / flora van het Bruine Veld is op verschillende momenten gekarteerd:

- In 2002 is een vegetatiekartering uitgevoerd door bureau Bakker (Buro Bakker, 2004).
- In 2008 is een vegetatiekartering uitgevoerd door bureau Natuurbalans - Limes Divergens (De Goeij, 2011).
- In 2017 is door EGG-consult een flora kartering uitgevoerd (Tolman en Pranger, 2018).

De kartering van bureau Bakker vond dus vrij snel plaats na de plagwerkzaamheden van eind 2000, waardoor de vegetaties in deze zones toen nog in ontwikkeling waren. Bij de kartering van bureau Natuurbalans - Limens Divergens in 2008 was de ontwikkeling al veel verder voortgeschreden. De kartering van 2017 geeft het meest recente beeld, maar heeft vooral betrekking op SNL-doelsoorten. De beschrijving is zodoende vooral gebaseerd op de vegetatiekartering van 2008 en is toegespitst op de grondwaterafhankelijke vegetaties van de laagten en de bijbehorende flanken. De vegetatiekaart van 2008 is als figuur 2.9 weergegeven. In bijlage 8 is de bijbehorende vegetatietypologie opgenomen. Behalve informatie uit deze karteringen is ook informatie gebruikt die is voorgekomen uit het oriënterende veldbezoek dat in het kader van deze LESA op 29-7-2020 is uitgevoerd.

Centrale laagte (met tijdelijke peilbuizen tpb5 en tpb10)

In het geplagde noordwestelijke deel van de grote centrale laagte is een vrij waardevolle vegetatie tot ontwikkeling gekomen die in de kartering van 2008 wordt gerekend tot de Klasse der kleine zeggen. Het gaat hierbij vooral om het type met Moerasstruisgras (type D2). In dit type domineert Moerasstruisgras en in combinatie hiermee groeien hier soorten als Egelboterbloem, Kleine zonnedauw, Geelgroene zegge, Schildereprijs en Gewone waternavel. Bij het oriënterende veldbezoek op 29-7-2020 is ook veel Waterpostelein waargenomen en in combinatie hiermee ook veel Schildereprijs. In de laagte is in 2002 ook Vlottende bies aangetroffen (Buro Bakker, 2004). Vlottende bies is in 2005 ook nog aangetroffen bij een kartering van de provincie Overijssel en daarna niet meer (mededeling 5.1.2e, Staatsbosbeheer). Het verdwijnen van deze soort geeft aan dat de inundatieduur van de laagte niet voldoende is om soorten van zwak gebufferde vennen (zoals Vlottende bies) te kunnen behouden (mededeling 5.1.2e, Staatsbosbeheer).

In het uiterste noorden van de laagte is een zone met het type van Gewone waterbies aanwezig (type D1). In de laagte is ook vrij veel Riet aanwezig: in 2008 bedroeg de bedekking 25-50%.

Op de geplagde westflank van de laagte is een waardevolle natte pionierheide tot ontwikkeling gekomen (type N1) met soorten als Blauwe zegge, Moeraswolfsklauw, Dwergvlas, Klokjesgentiaan en Heidekartelblad. Hierin zijn ook een aantal van de eerder genoemde soorten aanwezig: het betreft daarom de vorm met soorten van de Klasse der kleine zeggen (subtype N1b). In 2017 is Dwergvlas niet aangetroffen (Tolman en Pranger, 2018). Bij het veldbezoek op 29-7-2021 is hier behalve de eerder genoemde soorten uit de kartering van 2008 ook Tormentil waargenomen.

In het grootste deel van het niet geplagde deel van de centrale laagte is een Pijpenstrootje-vegetatie aanwezig (type N3). Het gaat hierbij om subtype N3b: een soortenarme vorm zonder Waterveenmos. In 2002 is hierin nog Eenarig wollegras waargenomen (Buro Bakker, 2004), maar in de kartering van 2008 (De Goeij, 2011) wordt hiervan geen melding gemaakt. In 2017 is Eenarig wollegras nog op één plek waargenomen. Bij het veldbezoek op 29-7-2020 is deze soort niet aangetroffen. In het westelijke deel van de niet geplagde

zone van deze laagte is een soortenarme Hennegrasvegetatie aanwezig (type D3), wat verdroging onder relatief basenrijke omstandigheden indiceert (mededeling 5.1.2e 5.1.2e , Staatsbosbeheer). In dit type en in de aangrenzende Pijpenstrootjevegetatie is in 2008 op diverse plekken wel Wateraardbei waargenomen.

In een kleine strook met Struikheidevegetatie in het zuidoostelijke deel van de laagte liggen (langs de bosrand) vier kleine plagplekken (van elk circa 4 m^2). Hier zijn in 2008 de volgende soorten aangetroffen: Bruine snavelbies, Geelgroene zegge, Blauwe zegge, Klokjesgentiaan, Kleine zonnedauw, Ronde zonnedauw, Veenbies en Beenbreek. Beenbreek is hier ook in 2002 aangetroffen (Buro Bakker, 2004).

Oostelijke laagte (met tijdelijke peilbuis tpb2)

Het laagste deel van de geplagde oostelijke laagte is in 2008 gekarteerd als een venvegetatie van het type van Waterveenmos (D5a), met in het water behalve Waterveenmos ook Knolrus. Bij het veldbezoek op 29-7-2020 zijn ook Schildereprijs en Waterpostelein waargenomen: dit suggereert een ontwikkeling van een zure naar een meer gebufferde situatie.

Ter plaatse van de geplagde west-, zuid- en oostflanken van de laagte is een waardevolle natte pionierheide tot ontwikkeling gekomen (type N1). Het gaat hierbij de typische vorm met Bruine snavelbies, Moeraswolfsklauw en Kleine zonnedauw (subtype N1a). Behalve deze soorten groeien hier ook Gewone dophei en Witte snavelbies. In 2017 is hier op een aantal plekken behalve deze soorten ook Blauwe zegge aangetroffen en op één plek is ook Beenbreek waargenomen (Tolman en Pranger, 2018). Bij het veldbezoek op 29-7-2020 is Blauwe zegge wel aangetroffen maar Beenbreek niet. Bij het veldbezoek zijn tevens Kruipwilg, Veenbies en *Sphagnum Compactum* (= Kussentjesveenmos) waargenomen. Van Kruipwilg wordt ook in de kartering van 2017 melding gemaakt (Tolman en Pranger, 2018).

Het eveneens vrij laag gelegen, maar niet geplagde gebied ten zuiden van het door de natte pionierheide omzoomde ven is voornamelijk begroeid met een soortenarme Pijpenstrootjevegetatie (subtype N3b: typische vorm). In deze vegetatie is ook bosopslag aanwezig, vooral van Berk.

Westelijke laagte (met tijdelijke peilbuis tpb9)

In het grootste deel van de niet geplagde westelijke laagte is een soortenarme Pijpenstrootje vegetatie aanwezig (N3). Het gaat hierbij ook hier om de typische vorm (N3b). Een klein deel is gekarteerd als soortenarme Dopheivegetatie van het type van Gewone Dopheide en Pijpenstrootje (type N2). In 2002 was dit met Pijpenstrootje vergraste type van Dopheide nog in de gehele laagte aanwezig (Buro Bakker, 2004). Hieruit volgt dat in de tussenliggende periode de vergrassing verder is voortgeschreden.

Kleine laagte ten noordwesten van de centrale laagte (met tijdelijke peilbuis tpb7)

In de geplagde kleine laagte ten noordwesten van de grote centrale laagte is een hoogveenslenkvegetatie aanwezig, met in het diepste deel het type van Waterveenmos (D5) en hieromheen een zone met het type van Pitrus (D4). Niet alleen in het type van Waterveenmos maar ook in het type van Pitrus is Waterveenmos veel aanwezig (subtype D4b: vorm met Waterveenmos). In het type van Waterveenmos komt ook Gewone waterbies frequent voor: het betreft zodoende subtype D5b: vorm met Gewone waterbies. Ook Knolrus is hier frequent aanwezig. Bij het oriënterende veldbezoek op 29-7-2020 zijn in deze laagte ook Waterpostelein, Schildereprijs, Melkeppe, Moeraswalstro en Hennegras waargenomen.

Hoger gelegen delen

In de hoger gelegen delen was bij de kartering van 2008 vaak een droge heidevegetatie van het type van Struikhei en Gewone Dophei aanwezig (type H1). Struikhei is aspectbepalend en heeft een bedekking van minimaal 10 %. Gewone dophei komt frequent tot abundant voor, maar bedekt altijd minder dan Struikhei. De bedekking van Pijpenstrootje varieert van frequent tot dominant. Vooral in dit type is inmiddels alweer veel bosopslag verschenen, vooral van Berk. Ook de vergrassing met Pijpenstrootje lijkt inmiddels verder te zijn voortgeschreden.

2.10 Fauna

Op basis van de resultaten van het project 'Beleidsmonitoring OBN-fauna 2006' (VOFF, 2006) en de meest recente broedvogelinventarisatie (Van der Goes en Groot, 2017), wordt op beknopte wijze een beeld gegeven van de (meest waardevolle) fauna.

Insecten

In het Bruine veld zijn in 2006 22 soorten dagvlinders, 20 soorten libellen en 11 soorten sprinkhanen vastgesteld (VOFF, 2006). Onder deze soorten bevonden zich vier Rode Lijst-soorten, te weten: Groot dikkopje, Tengere pantserjuffer, Bandheidelibel en Moerassprinkhaan. De waarnemingen van de Bandheidelibel hebben betrekking op zwervers. De overige drie Rode Lijst-soorten planten zich waarschijnlijk wel voort binnen het gebied. Het Groot dikkopje is niet algemeen binnen het gebied en is verspreid waargenomen. De Tengere pantserjuffer is op twee locaties waargenomen in vrij lage aantallen. De Moerassprinkhaan is de meest algemene Rode Lijst-soort in het Bruine veld. De hoogste aantallen van deze soort zijn te vinden in de noordelijke helft van het gebied. Naast de waargenomen Rode Lijst-soorten is het voorkomen van de Greppelsprinkhaan bijzonder. Deze soort is erg schaars in Overijssel. In het Bruine veld is een grote populatie aanwezig.

Herpetofauna

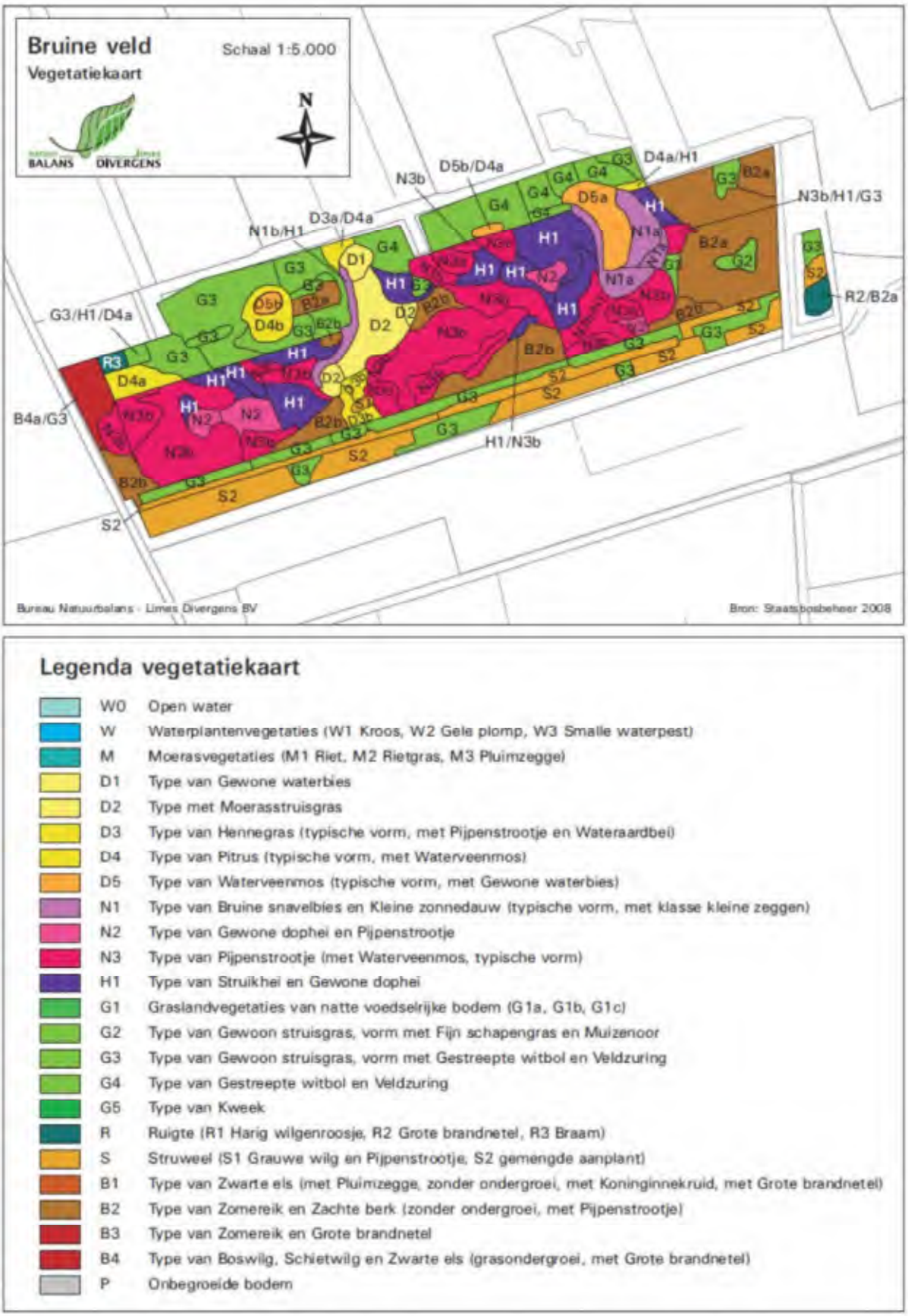
Ten aanzien van de reptielen is in het Bruine veld in 2006 alleen de Levendbarende hagedis waargenomen. Deze soort is verspreid door het gebied in lage dichtheden aangetroffen en plant zich hier ook voort.

Tijdens het onderzoek zijn in 2006 in totaal vier soorten amfibieën aangetroffen. Hiervan staat alleen de Heikikker vermeld op de Rode Lijst. Voortplanting van de Heikikker is vastgesteld in alle in het gebied voorkomende wateren.

Broedvogels

De broedvogelbevolking wordt gekarakteriseerd door algemene soorten van struwelen en bosovergangen. Het meest talrijk bij de kartering van 2006 waren Grasmus (9 territoria) en Boompieper (8 territoria). De Matkop was toen de enige soort van de Rode Lijst in het Bruine Veld.

Bij de broedvogelinventarisatie van 2017 (Van der Goes en Groot, 2017) zijn in het Bruine Veld in totaal 28 soorten aangetroffen en van deze soorten zijn 97 territoria vastgesteld. Relatief talrijk zijn Boompieper, Tuinfluiter, Zwartkop en Geelgors. Vooral het voorkomen van meer bijzondere soorten als Houtsnip, Boomleeuwerik en Vuurgoudhaan geeft de kwaliteit van het gebied aan. Van de 28 vastgestelde soorten broedvogels kwamen er in 2017 drie voor op de Rode Lijst van de Nederlandse Broedvogels. Het betreft Koekoek (kwetsbaar), Groene specht (kwetsbaar) en Huismus (gevoelig).



Figuur 2.9 Vegetatiekaart Bruine Veld 2008 (De Goeij, 2011)
(voor uitleg indeling & codes: zie bijlage 8, vegetatietypologie)

3 Veldonderzoek

3.1 Methode

Het veldonderzoek is opgebouwd uit de volgende hoofdonderdelen:

- Inventarisatie van het lokale oppervlaktewatersysteem.
- Grondwatersysteemonderzoek.
- Hydro- en bodemchemisch onderzoek.

Inventarisatie van het lokale oppervlaktewatersysteem

Als onderdeel van het veldonderzoek is een inventarisatie van het lokale oppervlakte-watersysteem uitgevoerd. De inventarisatie is uitgevoerd op 5 februari 2021, in een periode dat het grondwatersysteem goed op druk was en dus ook het oppervlaktewatersysteem goed in werking was. Daarnaast zijn aanvullende waarnemingen gedaan op 9 november 2020 bij een grondwaterstandsopname van de peilbuizen. Dit was een vrij droge situatie.

Als basis voor de inventarisatie is, naast informatie over het hoofdwatersysteem van Waterschap Vechtstromen, het digitale top10-vector waterlopenbestand gebruikt. Aan de hand van de resultaten van de kartering zijn hierin aanpassingen (aanvullingen en correcties) doorgevoerd. Dit aangepaste bestand is gebruikt voor vervaardiging van de oppervlaktewatersysteemkaart (figuur 3.1) en het bestand is ook gebruikt voor de andere thematische kaarten die in dit rapport zijn opgenomen.

Grondwatersysteemonderzoek

In het kader van het veldonderzoek is ook een grondwatersysteem-onderzoek uitgevoerd. Hiertoe zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- In augustus 2020 is een tijdelijk hydrologisch meetnet ingericht. De meeste meetpunten zijn in twee raaien geplaatst, om zo ecohydrologische dwarsprofielen van het gebied te kunnen vervaardigen: dwarsprofiel A-A' (met hierin de grote, centrale laagte) en dwarsprofiel B-B' (met hierin de oostelijke laagte). In aanvulling hierop is ook een peilbuis geplaatst in de westelijke laagte (tpb9), om ook van deze laagte een indruk te krijgen van de grondwatersituatie. In bijlage 3 zijn de boorbeschrijvingen van de tijdelijke peilbuizen opgenomen.
- In totaal zijn 9 tijdelijke peilbuizen geplaatst (tpb1 t/m tpb9). Peilbuizen tpb3 en tpb8 hebben dubbele filters op circa 2 m en 5 m -mv. De andere peilbuizen hebben enkele filters. Bij tpb2, tpb5, tpb7 en tpb9 en midden in de centrale laagte (tpb10) zijn in de toplaag van de bodem ondiepe minifilters bijgeplaatst, ten behoeve van de bemonstering van het grondwater in de toplaag van de bodem. Minifilters tpb2, tpb5 en tpb10 zijn echter al snel na plaatsing vernield door het vee. Waar de peilbuizen in een ven staan is het diepste filter gebruikt als piket om het oppervlaktewaterpeil te meten of is een afzonderlijk piket bijgeplaatst. De meetpunten zijn op 5 maart 2021 ingemeten. In combinatie hiermee zijn in de omgeving op vier locaties duikers ingemeten om te dienen als oppervlaktewater-meetpunten in de sloten (tp12 t/ 15). De meetpunten zijn opgenomen op 25 augustus 2020, 9 november 2020, 5 februari 2021 en 5 maart 2021. De waargenomen grond- en oppervlaktewaterstanden zijn tezamen met de technische gegevens van de meetpunten opgenomen in de tabel in bijlage 4.
- Om de relatie met de sloten aan het rand van het gebied inzichtelijk te maken zijn (bij de opname van de grond- en oppervlaktewaterstanden op 5 maart 2021) ook de slootpeilen en slootbodemhoogtes in de raaien ingemeten.

- In de ecohydrologische dwarsprofielen zijn de metingen van 25 augustus 2020 gebruikt voor de weergave van de zomersituatie en die van 5 maart 2021 voor de weergave van de natte einde winter- / begin voorjaarssituatie.
- Aanvullend hierop zijn buiten de raaien 16 extra grondboringen uitgevoerd. Dit is gedaan om ook elders in het natuurgebied een indruk te krijgen van de bodemopbouw en om een isohypsenkaart van het gebied van de einde winter- / vroege voorjaarssituatie (op 5-3-2021) te kunnen vervaardigen (zie figuur 3.2). Hiertoe zijn de boorgaten ingemeten en zijn de grondwaterstanden in de boorgaten gemeten. In bijlage 3 zijn de boorbeschrijvingen van de boorgaten opgenomen.

De representativiteit van de metingen die zijn gebruikt voor vervaardiging van de isohypsenkaart en de dwarsprofielen is afgeleid aan de hand van de lange reeks van het filter van peilbuis B28B0240. Deze peilbuis staat circa 700m ten noorden van de noordelijke grenssloot, zie figuur 2.1. De GXGs van deze peilbuis zijn berekend voor de periode 2006 t/m 2020. Een grafiek van de gemeten grondwaterstanden en de GXG's is weergegeven in bijlage 1. De GXG's zijn vergeleken met de waarde die hier op 5-3-2021 is gemeten (dit is de datum van de metingen die gebruikt worden voor de vervaardiging van de isohypsenkaart en de dwarsprofielen) en die op 25-8-2020 is gemeten (de datum van de metingen die gebruikt zijn voor de weergave van de zomergrondwaterstand in de dwarsprofielen). De GXG's zijn ook vergeleken met de meetwaarden van 5-2-2021 (de datum van de oppervlaktewaterkartering). De vergelijking is weergegeven in tabel 3.1.

Uit de vergelijking volgt dat op 5-2-2021 de omstandigheden ter plaatse van peilbuis B28B0240 circa 26 cm natter waren dan in een GHG-situatie. Op 5-3-2021 waren de omstandigheden ter plaatse van peilbuis B28B0240 circa 16 cm droger dan in een GHG-situatie en circa 7 cm natter dan in een GVG-situatie. Op 25-8-2020 lag de grondwaterstand hier 20 cm onder de GLG-waarde: er is toen dus onder drogere omstandigheden gemeten dan zoals aanwezig in de GLG-situatie.

Dus hieruit kan worden afgeleid dat de metingen van 5-3-2021 in het Bruine Veld plaatsvonden onder omstandigheden die zijn tussen de GHG- en de GVG-situatie in bevonden en daarbij dichter in de buurt van de GVG-situatie lagen dan in de buurt van de GHG-situatie. En op 25-8-2021 waren de omstandigheden al duidelijk droger dan onder GLG-omstandigheden. De oppervlaktewaterkartering (op 5-2-2021) heeft plaatsgevonden op een moment dat het gebied een stuk natter was dan in de GHG-situatie.

Tabel 3.1 Vergelijking meetwaarden van 25-8-2020 en 5-3-2021 met GXG-waarden voor peilbuis B28B0240

		GHG	GVG	GLG	meetwaarden m+NAP			verschil 25-8-202	verschil 5-2-2021		verschil 5-3-2021	
peilbuis	filter	m+NAP	m+NAP	m+NAP	25-8-2020	5-2-2021	5-3-2021	met GLG	met GHG	met GVG	met GHG	met GVG
B28B0240	1	8.09	7.86	7.03	6.83	8.35	7.93	-0.20	0.26	0.49	-0.16	0.07

Hydro- en bodemchemisch onderzoek

Om inzicht te krijgen in de hydrochemische situatie zijn de peilbuizen en minifilters op 9 maart 2021 eenmalig bemonsterd en in combinatie hiermee zijn ook een aantal oppervlaktewatermonsters genomen. De analyse van de watermonsters is uitgevoerd door B-WARE. De analyseresultaten zijn opgenomen in de tabel in bijlage 6. De interpretatie van de analysegegevens heeft plaatsgevonden door Bell Hullenaar. Per meetpunt zijn de belangrijkste analyseresultaten van dit onderzoek aan de dwarsprofielen toegevoegd

Bij de opname van de grondwaterstanden in de boorgaten op 5-3-2021 zijn ook de EGV en pH van het grondwater in de boorgaten gemeten. De resultaten hiervan worden behandeld in paragraaf 3.4 en zijn opgenomen op de kaart van figuur 3.5 (geclassificeerd met kleurenbolletjes) en in bijlage 5 (meetwaarden). Op deze kaart zijn de laagten gearceerd, waarbij op basis van de inzichten uit het grondwatersysteemonderzoek ook onderscheid gemaakt wordt in grondwatergevoede laagten en laagten met schijngrondwaterspiegels (voor uitleg van deze termen: zie laatste twee alinea's van paragraaf 3.3.1).

In de centrale laagte en de oostelijke laagte is ook bodemchemisch onderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek is in de eerste plaats uitgevoerd om af te leiden of naar voorbeeld van de reeds geplagde delen van de laagten ook in de nog niet geplagde zuidoostelijke helft van de centrale laagte een ecologisch waardevolle vegetatie tot ontwikkeling kan worden gebracht. In de tweede plaats is het onderzoek uitgevoerd om de bufferings-toestand van de toplaag van de bodem in beide laagten inzichtelijk te maken. De bodemmonsters zijn genomen door Bell Hullenaar en is de analyse en interpretatie door B-WARE uitgevoerd. B-WARE heeft ook een afzonderlijke rapportage van dit deelonderzoek opgesteld en ook hierin zijn de analyseresultaten van het hydrochemisch onderzoek opgenomen (zie bijlage 7). In paragraaf 3.5 van het hoofdrapport worden de belangrijkste resultaten van het bodemchemisch onderzoek beschreven.

3.2 Resultaten inventarisatie oppervlaktewatersysteem

De resultaten worden toegelicht aan de hand van de oppervlaktewatersysteemkaart die op basis van de veldinventarisatie is vervaardigd (figuur 3.1). Eerst wordt ingegaan op het externe stelsel aan de noordzijde. Hierna wordt het externe stelsel aan de zuidzijde behandeld. Als laatste wordt ingegaan op de interne oppervlaktewaterhuishouding van het natuurgebied.

Externe stelsel aan de noordzijde

In het laag gelegen deel van het landbouwgebied ten noorden van het natuurgebied is een slotenstelsel aanwezig. Dit slotenstelsel watert grotendeels af via een hoofdsloot die via enkele haakse bochten in noordwestelijke richting loopt en uiteindelijk afwatert op de Hooge Laar's Leiding.

Als onderdeel van dit stelsel is ook op de grens van het natuurgebied een sloot of greppel aanwezig. Ter plaatse van de hoger gelegen gronden aan de voet van de Galgenbelt betreft het alleen een ook 's-winters droogstaande greppel. Pas voorbij de haakse bocht naar het westen was de greppel op 5-2-2021 watervoerend. Bij de overgang van bouwland naar grasland (dus ter hoogte van ow5 in figuur 3.1) wordt de afwatering een sloot. Dit is tevens het begin van de noordelijke hoofdsloot. Via deze hoofdsloot trad al op 9-11-2020 afvoer op en op 5-2-2021 is hier een sterke afvoer waargenomen. In deze hoofdsloot zijn op beide inventarisatiedagen over de gehele lengte ook kwelverschijnselen waargenomen (vlies van ijzerbacterie).

Ten westen van de haakse bocht in de hoofdsloot naar het noorden bij ow17 (zie figuur 3.1) ligt een minder diepe sloot op de grens van het landbouw- en natuurgebied. Ook deze sloot watert af via de noordelijke hoofdsloot. In de bodem hiervan zijn kleine drempels aangebracht. De sloot begint aan de oostzijde van een smalle bosstrook die hier tussen een bouwland- en graslandperceel aanwezig is. Op 9-11-2020 stond de sloot volledig droog en op 5-2-2021 vond via de sloot wel afvoer plaats.

Ook aan de westzijde van de bosstrook is op de grens van het natuur- en landbouwgebied een sloot aanwezig. Deze sloot watert langs de Loomsweg en via een duiker (bij ow24 op figuur 3.1) onder de Loomsweg af op de westelijke wegsloot van de Loomsweg. Bij de duiker is kwel (ijzervlies) waargenomen op 5 februari 2021. Vanaf de duiker voert de westelijke wegsloot af in noordelijke richting en sluit verder op weer aan met de afvoer van de noordelijke hoofdsloot richting de Hooge Laar's leiding. Ten zuiden van de duiker voert de westelijke wegsloot juist in zuidelijke richting af.

Aan de oostkant van de Loomsweg vormt de noordelijke ingang naar het gebied (net ten zuiden van ow24) een dam in de oostelijke wegsloot. Ten zuiden van de ingang voert deze wegsloot af in zuidelijke richting tot een duiker onder de Loomsweg bij ow25 op figuur 3.1. Ten noorden van de duiker bij ow25 loopt de oostelijke wegsloot eerst door een duiker die op 5 februari 2021 behoorlijk verstopt is waardoor het peil in de wegsloot hier vrij hoog oploopt en er weinig afvoer plaats vindt richting de duiker bij ow25 die onder de weg loopt.

Externe stelsel aan de zuidzijde

Aan de zuidzijde zijn op de grens van het natuur- en landbouwgebied twee sloten aanwezig. De westelijke randsloot (met ow26 in figuur 3.1) voert af richting de Loomsweg en staat via de duiker onder de Loomsweg bij ow25 in verbinding met de zuidelijke hoofdsloot. Zoals hierboven genoemd watert via deze duiker ook de oostelijke wegsloot van de Loomsweg af. In de westelijke randsloot en ook in de oostelijke wegsloot zijn sterke kwelverschijnselen waargenomen (veel ijzer en ijzervlies bacterie). De oostelijke randsloot (met ow1 en ow13 in figuur 3.1) watert via een dwarssloot en een lange duiker (onder een akker) af op de zuidelijke hoofdsloot langs de Flierweg. Via deze duiker watert ook een sloot af die middenin het landbouwgebied ligt.

De zuidelijke hoofdsloot begint aan de oostkant van de stuwwal en watert af via de westkant van de Hexelse weg om vervolgens een bocht te maken waar de sloot door de gordeldekzandrug van de Galgenbelt heen snijdt. Hierna voert de zuidelijke hoofdsloot af in westelijke richting langs de Flierweg. Bij de duiker aangegeven als tp13 in figuur 3.1 ontvangt de zuidelijke hoofdsloot ook afvoer vanuit de zuidelijk gelegen landbouwgebieden. De zuidelijke hoofdsloot watert vervolgens af richting de Hooge Laar's leiding via nog een duiker onder de Loomsweg. Net bovenstrooms van deze duiker staat een stuw. Volgens gegevens van Waterschap Vechtstromen bedraagt het zomerpeil van deze stuw 8,15 m +NAP en het winterpeil 7,9 m +NAP. Bij de inventarisatie van het oppervlaktewatersysteem op 5 februari 2021 was er afvoer over de stuw. Op 5 maart 2021 was er nog net een kleine afvoer over de stuw. Op 9 november 2020 stond de sloot ter hoogte van de stuw droog. Aan de westzijde van de Loomsweg was de sloot wel watervoerend.

Getuige de waarneming van kwelverschijnselen (vlies van ijzerbacterie) draineert deze zuidelijke hoofdsloot kwelwater. Zo was een vlies van ijzerbacterie zichtbaar op 5 februari 2021 bij de duiker onder de Flierweg in het oosten waar de sloot door de Galgenbelt heen snijdt en zowel op 9 november 2020 als op 5 februari 2021 verder benedenstrooms in het gedeelte van de sloot dat langs de westzijde van de Loomsweg ligt. De aanwezigheid van veel algen in het slootwater in het gedeelte langs de Loomsweg wijst op een hoge concentratie aan voedingsstoffen.

Interne oppervlaktewatersysteem

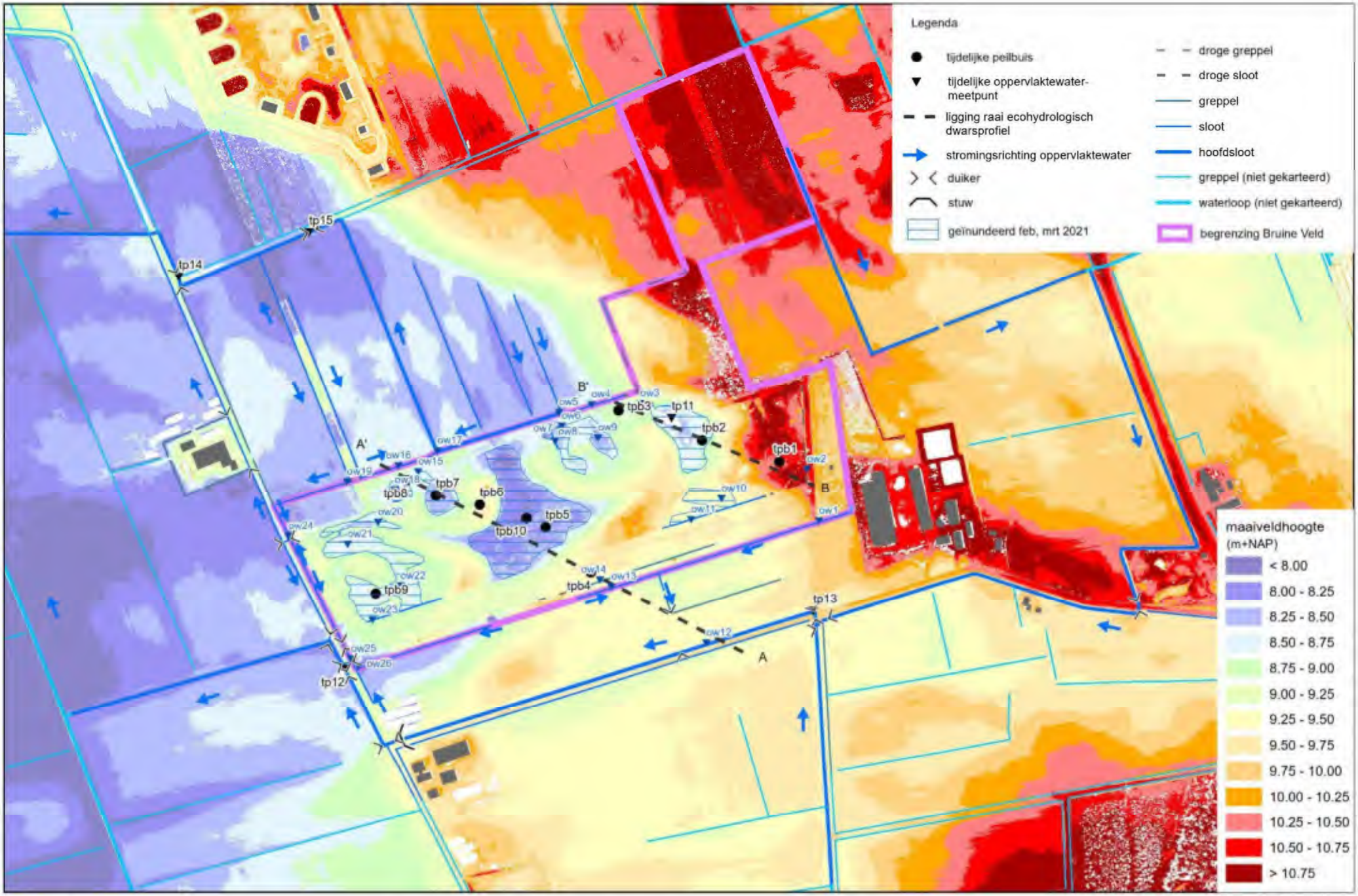
Bij het veldbezoek op 25-8-2020 was er heel weinig oppervlaktewater aanwezig in de laagten van het natuurgebied. Er was alleen water op maaiveld aanwezig in het noordelijkste gedeelte van de oostelijke laagte (bij tp11). Op 9-11-2020 was dit nog steeds het geval behalve nu met wat water in de kleine laagte ten noordwesten van de grote centrale laagte (met tpb7). De overige laagten stonden toen droog.

Op 5-2-2021 en ook 5-3-2021 was de situatie heel anders: alle laagten in het natuurgebied waren toen geïnundeerd (zie figuur 3.1). Het betreft hierbij niet alleen de complete centrale laagte en de oostelijke laagte, maar ook de laagten in het westelijke deel van het natuurgebied en een aantal kleinere laagten.

Zelfs in de natte wintersituatie van 5-2-2021 is nergens over de buitenrand van het natuurgebied heen oppervlakkige afvoer geconstateerd. Wel is op een paar plekken aan de noordzijde oppervlakkige afvoer geconstateerd vanuit de laagten naar de bosstrook langs de buitengrens: deze afvoer is geconstateerd bij de oostelijke laagte (met tp11) en bij de kleine laagte die tussen de oostelijk laagte en de grote centrale laagte in ligt (ow6 t/m 9 in figuur 3.1). Het ging hierbij om kleine hoeveelheden en het water stroomde dus niet verder oppervlakkig af naar de sloot op de noordgrens. Dit wijst erop dat het water hier vanwege de drainerende werking van de grenssloot in de zandbodem infiltreerde (zie voor nadere toelichting: resultaten van de ecohydrologische dwarsprofielen in paragrafen 3.3.2 en 3.3.3). Vanuit de centrale laagte trad op 5-2-2021 net geen oppervlakkige afvoer op. Het water stond wel tot aan de rand van het pad dat de laagte aan de noordzijde begrensd. Bij de inmeting van het systeem op 5-3-3021 waren de betreffende drie laagten nog altijd tot aan deze overloopniveaus gevuld: dus de toen gemeten waterpeilen zijn bij benadering gelijk aan de overloopniveaus van de laagten.

In de bosstrook die tegen de noordelijke gebiedsgrens staat liggen enkele restanten van sloten maar deze zijn volledig afgedamd van de natte laagten. Op één plek in de bossen (ten noorden van de kleine laagte ten noordwesten van de centrale laagte met tpb7) ligt een slootrestant waar, als het peil nog hoger zou oplopen dan op 5 februari 2021, afvoer wellicht mogelijk is. Maar dit was op 5 februari dus niet het geval en toen was het behoorlijk natter dan in de GHG-situatie.

De interne sloot op de grens van de zuidelijke buffer en het heiderestant is grotendeels gedempt. Er zijn op 2 plekken ter plaatse van de laagten in het westen en het oosten van het natuurgebied restanten van deze sloot aanwezig (zie ow23 en ow11 in figuur 3.1). In deze restanten was zowel op 5-2-2021 als op 5-3-2021 water aanwezig. De greppelrestanten snijden de flanken van de laagten iets aan en staan in verbinding met geïnundeerde plekken. In de zuidelijke buffer is ook ten zuiden van de tijdelijke peilbuis tpb4 nog een greppelrestant aanwezig (ow14). Hierin was op 5-2-2021 water aanwezig en op 5-3-2021 stond dit greppelrestant droog. Tenslotte ligt er een (ook 's-winters) droge greppel langs de westkant van het pad in het oosten van het natuurgebied (ow2).



Figuur 3.1 Oppervlaktewatersysteemkaart Bruine Veld

1:7,000

Bell Hullenaar
Ecohydrologisch Adviesbureau

3.3 Resultaten grondwatersysteemonderzoek

3.3.1 Isohypsenkaart

De isohypsenkaart is gemaakt met gebruik van de grondwaterstanden die zijn gemeten in het eerste watervoerende pakket op 5-3-2021 en die zijn weergegeven in figuur 3.2.

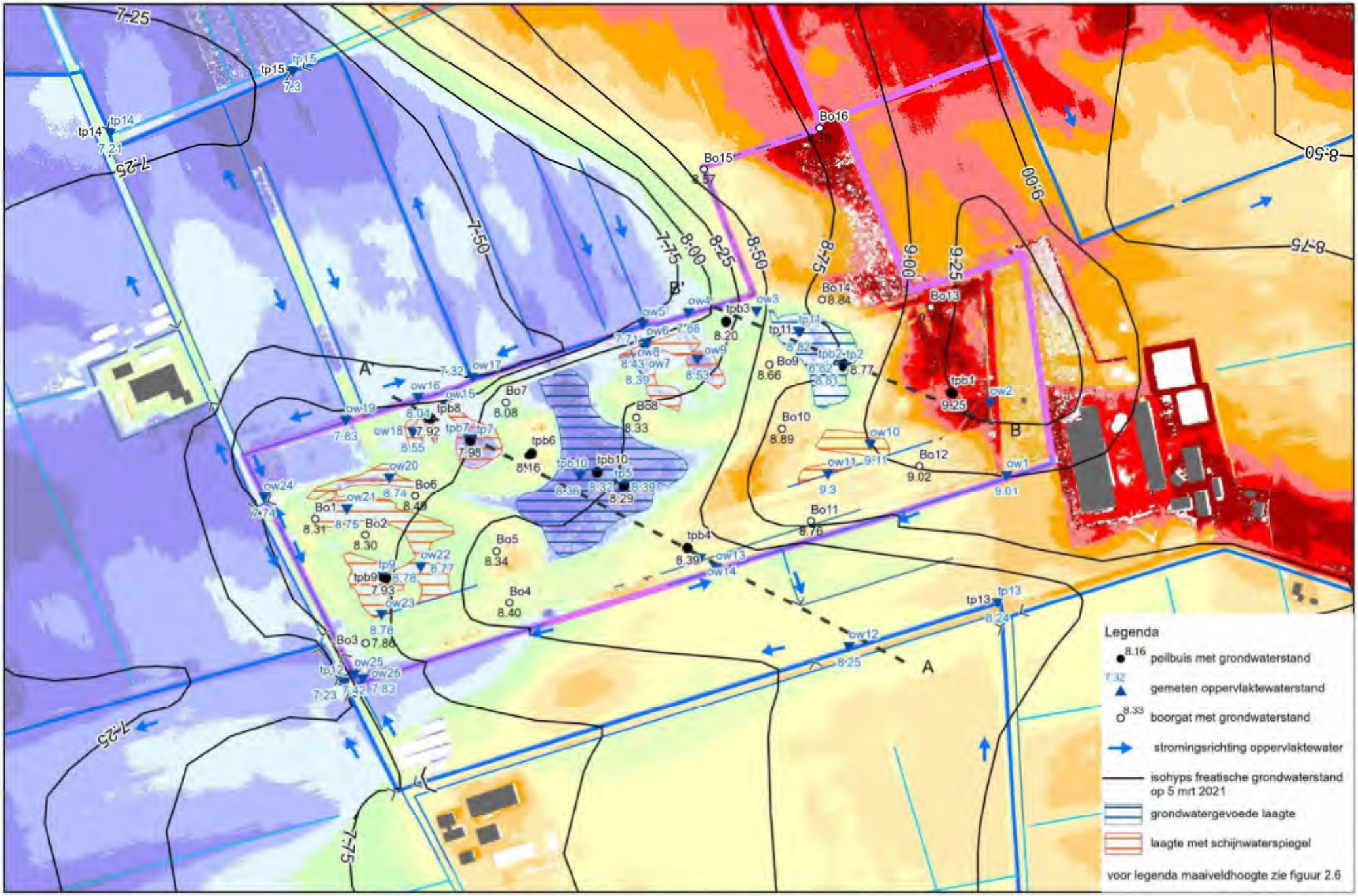
Vanaf de omvangrijke dekzandrug de Galgenbelt stroomt het grondwater via het eerste watervoerende pakket (de zandlaag boven de keileem) in westelijke richting naar het noordoostelijke deel van het natuurgebied. In combinatie hiermee stroomt vanaf de dekzandruggen en vanuit een deel van de hoog gelegen bufferzone in het zuidelijke deel van het natuurgebied het grondwater in noordwestelijke richting af naar het centrale, westelijke en noordelijke delen van het natuurgebied. Aldus vormen deze dekzandruggen en de hoog gelegen bufferzone lokale voedingsgebieden voor het Bruine Veld.

De slotenstelsels van de aangrenzende landbouwgebieden hebben een sterk drainerende werking op het grondwater:

- De grondwatervoeding vanuit de Galgenbelt wordt verminderd door de drainerende werking van het slotenstelsel en vooral de hoofdsloot van het landbouwgebied in de laagte ten noordoosten van het Bruine Veld.
- Als gevolg van de drainerende werking van de sloten in het landbouwgebied aan de zuidzijde en de zuidelijke hoofdsloot langs de Flierweg wordt de functie van de hoog gelegen buffer en de dekzandruggen in het zuidelijke en oostelijke deel van het natuurgebied als voedingsgebied voor de rest van het natuurgebied gereduceerd en kan ook het betreffende landbouwgebied zelf niet als voedingsgebied functioneren.
- Als gevolg van de drainerende werking van de slotenstelsels aan de west- en noordzijde, en vooral de sterk drainerende werking van de hier aanwezige diepe hoofdsloten, verliest het natuurgebied hier veel grondwater naar de omgeving. Terwijl het slotenstelsel van het westelijke landbouwgebied vooral een verdrogende werking heeft op het westelijke deel van het natuurgebied, werkt het verdrogende effect van het slotenstelsel van het noordelijke landbouwgebied door in een veel groter deel van het natuurgebied. Dus dit stelsel heeft een relatief sterk negatief effect.

Zowel de grote centrale laagte als de oostelijke laagte worden niet alleen in het vroege voorjaar maar ook (en vooral) in natte winterperioden in lichte mate gevoed met grondwater. In relatie tot het verhang in het grondwatersysteem treedt deze voeding vooral op aan de oost- tot zuidoost-zijden van de laagten. De oostelijke laagte wordt gevoed vanuit de omvangrijke dekzandrug van de Galgenbelt. De centrale laagte wordt in de huidige situatie vooral gevoed door de dekzandrug direct ten oosten van de laagte: hier bolt de grondwaterspiegel immers het sterkst op. De voeding vanuit het zuidoosten is in de huidige situatie gering vanwege de ontwatering van het aangrenzende landbouwgebied.

In de overige laagten is op 5-3-2021 overal een oppervlaktewaterstand gemeten die (veel) hoger ligt dan de grondwaterstand hieronder en/of in de omgeving hiervan: er is in deze laagten zodoende sprake van een schijnwaterspiegel. Dus in de overige laagten is in de onderzochte vroege voorjaarssituatie geen sprake van grondwatervoeding van de laagten. Ook in de winter lopen de grondwaterstanden onvoldoende op om deze laagten te kunnen voeden. In relatie tot het diep wegzakken van de grondwaterstanden in de zomer treedt ook dan geen voeding op. Hieruit volgt dat er onder deze laagten een stagnerende laag aanwezig moet zijn. Bij behandeling van de ecohydrologische dwarsprofielen (in paragrafen 3.3.2 en 3.3.3) wordt dieper ingegaan op het functioneren van de (al dan niet door grondwater gevoede) laagten in het centrale en oostelijke deel van het natuurgebied en aan de hand van de meetresultaten van peilbuis tpb9 wordt in paragraaf 3.3.4 ook ingegaan op de grondwatersituatie van de westelijke laagte.



Figuur 3.2 Isohypsenkaart van het freatische grondwater op 5 maart 2021

1:5,000

3.3.2 Ecohydrologisch dwarsprofiel A-A'

(zie figuur 3.3)

Bodemopbouw

De bodem bestaat hoofdzakelijk uit leemarm zand. Het zand is veelal zeer fijn tot matig fijn. Hierin bevindt zich vanaf enkele meters diepte vaak ook een grovere fractie. Ter plaatse van tpb5 en tpb8 zijn op grotere diepte ook lagen matig grof zand aangetroffen. Met uitzondering van tpb8 is al het zand tot op de einddiepte kalkloos. Ter plaatse van tpb8 is de zandlaag van 4,5 tot 5,0 m -mv (= einddiepte van de boring) kalkrijk. Hoewel ter plaatse van tpb4 tot 5,3 m -mv is geboord, op locatie tpb5 tot 4,3 m -mv is geboord en op locatie tpb8 tot op 5,3 -mv is geboord, is in deze raai nergens keileem aangeboord. Wel is ter plaatse van tpb8 op een diepte van 2,45 tot 2,55 m -mv een dunne venige leemlaag aangetroffen.

In het niet geplagde deel van de centrale laagte (tpb5) is aan de oppervlakte een laag sterk veraard veen aanwezig. Ter plaatse van tpb5 bedraagt de dikte hiervan 22 cm. Aan de basis van het veen ligt een dunne gliedeachtige laag van 5 cm dik, met hieronder zwak lemig, zeer fijn zand. In het wel geplagde deel is op en nabij de locatie van tpb10 op verscheidene plekken in de toplaag geboord, waarbij aan de oppervlakte meestal een slechts 1 tot 5 cm dikke sterk humeuze laag is aangetroffen met hieronder gelijk zand. De sterk humeuze laag betreft het restant van de gliede die hier na het afplaggen van de veraarde veenlaag is achtergebleven. Soms (ter plaatse van pootafdrukken van het vee en / of konijnenholen) ontbreekt deze laag geheel en ligt er zand aan de oppervlakte. In de kleine laagte ten noordwesten van de grote, centrale laagte (ofwel de laagte met tpb7) is een 10 cm dikke, verkitte B-horizont aangetroffen, met hieronder een 20 cm dikke, ijzerrijke zandlaag.

Grondwatersituatie

Beide laagten die in dwarsprofiel A-A' voorkomen (dus zowel de grote centrale laagte met tpb5 als de kleine laagte ten noordwesten hiervan met tpb7) zijn op 5-3-2021 geïnundeerd. Vanwege de aanwezigheid van een stagnerende laag (verkitte B-horizont) ligt het oppervlaktewaterpeil van de kleine noordwestelijke laagte (met tpb7) en ook de zone ten noordwesten hiervan (met tpb8) in het vroege voorjaar veel hoger dan de grondwaterstand die in de peilbuizen is gemeten (verschil van 55 cm op 5-3-2021). Vooral vanwege het nagenoeg ontbreken van een stagnerende laag in het geplagde deel van de centrale laagte is hier de systeemweerstand van de laagte als geheel zeer laag, waardoor hier de oppervlaktewaterstand in de vroege voorjaarssituatie gelijk aan of hooguit iets hoger is dan de grondwaterstand.

Bij de behandeling van de isohypsenkaart is al aangegeven dat de centrale laagte in de huidige situatie vooral vanuit het oosten wordt gevoed met grondwater. In het dwarsprofiel is te zien dat er op 5-3-2021 praktisch geen opbolling (meer) is van de grondwaterstand ter plaatse van tpb4 ten opzichte van de oppervlaktewaterstand van de grote centrale laagte: dus in deze vroege voorjaarssituatie was er (vrijwel) geen grondwatervoeding vanuit het zuidoosten. Op 5-2-2021, toen de grondwaterstand ter plaatse van tpb4 cm 28 hoger was dan op 5-3-2021, was deze opbolling wel aanwezig. Dus in de huidige situatie is vanuit het zuidoosten alleen in natte wintersituaties sprake van grondwatervoeding. De beperkte mate van grondwatervoeding vanuit het zuidoosten wordt veroorzaakt door de drainerende werking van de sloten van het landbouwgebied aan de zuidzijde en ook de zuidelijke hoofdsloot langs de Flierweg: zonder deze sloten zou de grondwaterspiegel in dit hoog gelegen gebied niet alleen in de winter maar ook in het vroege voorjaar tot (ver) boven het waterpeil van de grote laagte opbollen en dus ook als voedingsgebied functioneren (in aanvulling op de voeding vanuit het oosten).

Terwijl in het zuidoosten van het dwarsprofiel als gevolg van de ontwatering van het intrekgebied het verhang nu vrijwel afwezig is, is aan de noordwestzijde vanwege de drainerende werking van het slotenstelsel in het landbouwgebied aan de noordzijde het verhang juist sterk. Het grondwatersysteem wordt daarbij vooral in sterke mate gedraineerd door de diepe noordelijke hoofdsloot (zie isohypsenkaart). Op de isohypsenkaart is ook te zien dat iets ten noordoosten van het dwarsprofiel de sterk drainerende diepe hoofdsloot direct tegen de noordelijke uitloper van de centrale laagte aanligt: dus met name hier is de verdrogende werking ervan op de laagte zeer groot en via de laagte kan het effect hiervan ook tot in de kern van het natuurgebied doordringen. Zonder dit effect zou hier in de natte wintersituatie van 5-2-2021 wel oppervlakkige afvoer zijn opgetreden en zou de laagte in de loop van het voorjaar ook langer geïnundeerd blijven. De veel minder diepe grenssloot ter plaatse van het dwarsprofiel heeft alleen een drainerende werking op het lokale, ondiepe systeempje waarin tpb7 en tpb8 staan.

In het dwarsprofiel is ook te zien dat de grondwaterstand in de zomer ver wegzakt en dat de laagtes dan droog staan: de grondwaterstanden die in de tijdelijke peilbuizen op 25-8-2020 zijn gemeten liggen 1,0 tot 1,2 meter lager dan de niveaus van 5-3-2021. Ter plaatse van tpb5 (in het niet geplagde deel van de centrale laagte) is de grondwaterstand op 25-8-2020 tot op 1,15 m -mv weggezakt. In het geplagde deel ligt de grondwaterstand dan op circa 0,95 m -mv. Indien wordt aangenomen dat ook hier (net als bij peilbuis B28B0240) de GLG circa 20 cm dichter nabij maaiveld ligt dan de meetwaarden van 25-8-2020, dan ligt de GLG hier dus op 0,95 m -mv in het niet geplagde deel en 0,75 m -mv in het geplagde deel. Het ver wegzakken van de grondwaterstand in de zomer wordt met name veroorzaakt door de sterk drainerende werking van de slotenstelsels van de aangrenzende landbouwgebieden in de winter en het voorjaar: het water wordt zodoende niet goed in het gebied geconserveerd. In combinatie hiermee is er ook sprake van een verminderde voeding door de aanwezigheid van bos in het lokale intrekgebied, vanwege het relatief grote verdampingsverlies van bos ten opzichte van een heideachtige vegetatie. Temeer gezien het kleine areaal bos in het intrekgebied is dit effect echter marginaal ten opzichte van het effect van de sterk drainerende slotenstelsels.

Op 25-8-2020 was ook het ondiepe systeempje van de kleine noordwestelijke laagte geheel droog gevallen. Dankzij de aanwezigheid van de stagnerende laag treedt droogval hier echter minder snel op dan in de centrale laagte en is de kleine laagte in de loop van de herfst ook weer veel sneller watervoerend, waardoor bij de metingen op 9-11-2020 in deze kleine laagte al wel water aanwezig was en in de grote, centrale laagte niet. Ondanks de aanwezigheid van de stagnerende laag wordt ook deze kleine laagte wel negatief beïnvloed door de drainerende werking van het slotenstelsel aan de noordzijde, en met name de grenssloot.

Hydrochemische situatie

Bijna al het bemonsterde grondwater in dwarsprofiel A-A' is getuige de lage EGV (< 150 µS/cm) ionenarm en daarbij ook sulfaat-, nitraat- en over het algemeen ook chloridearm. Alleen ter plaatse van het diepe filter van tpb8 (ofwel tpb8-2) is ionenrijk grondwater aangetroffen (EGV = 374 µS/cm). Aangezien het filter zich in een kalkrijke zandlaag bevindt is dit grondwater sterk gebufferd, ofwel basenrijk (HCO3 = 221 mg/l en Ca = 73 mg/l). Ook dit grondwater bevat weinig sulfaat, nitraat en chloride. Aangezien dit basenrijke grondwater wordt gedraineerd door met name de hoofdsloot van het landbouwgebied aan de noordzijde en via deze sloot ook het door bemesting beïnvloede infiltrerende regenwater uit het landbouwgebied zelf wordt afgevoerd, is het bemonsterde water van de hoofdsloot behalve basenrijk ook sulfaat-, nitraat en chloriderijk (sulfaat = 39 mg/l, nitraat = 7 mg/l en chloride = 29 mg/l). Dit meetpunt bevindt zich echter niet in de raai zelf maar ter plaatse van de bocht in de noordelijke hoofdsloot (bij ow17: zie figuur 3.1) en heeft code BV16 in bijlagen 6 en 7.

Ook het grondwater onder de centrale laagte (tpb5-2) is ionenarm (EGV = 79 µmol/l). Het is echter wel zwak gebufferd (HCO3 = 25 mg/l; pH = 5,8). Dit geldt in mindere mate ook voor het grondwater dat in het intrekgebied ten zuidoosten van de laagte, ter plaatse van tpb4 is bemonsterd: dit grondwater is zeer zwak gebufferd (HCO3 = 7 mg/l; pH = 5,4). Ook het bemonsterde oppervlaktewater van het afgeplagde deel van de centrale laagte (tp10) is ionenarm en zeer zwak gebufferd (HCO3 = 2 mg/l; pH = 5,7). Waarschijnlijk is dit te danken aan de periodieke, lichte voeding met gebufferd grondwater dat behalve vanuit het zuidoosten ook en vooral vanuit het oosten toestroomt.

Ook het bemonsterde oppervlaktewater van de kleine laagte ten noordwesten van de centrale laagte (met tpb7) is zeer zwak gebufferd (HCO3 = 1 mg/l; pH = 5,6). De zeer zwakke buffering kan hier niet worden veroorzaakt door grondwatervoeding, want die ontbreekt hier. Mogelijk treedt onder invloed van bodemchemische processen in de toplaag van de bodem (afbraak van organisch materiaal?) een zeer lichte mate van buffering op.

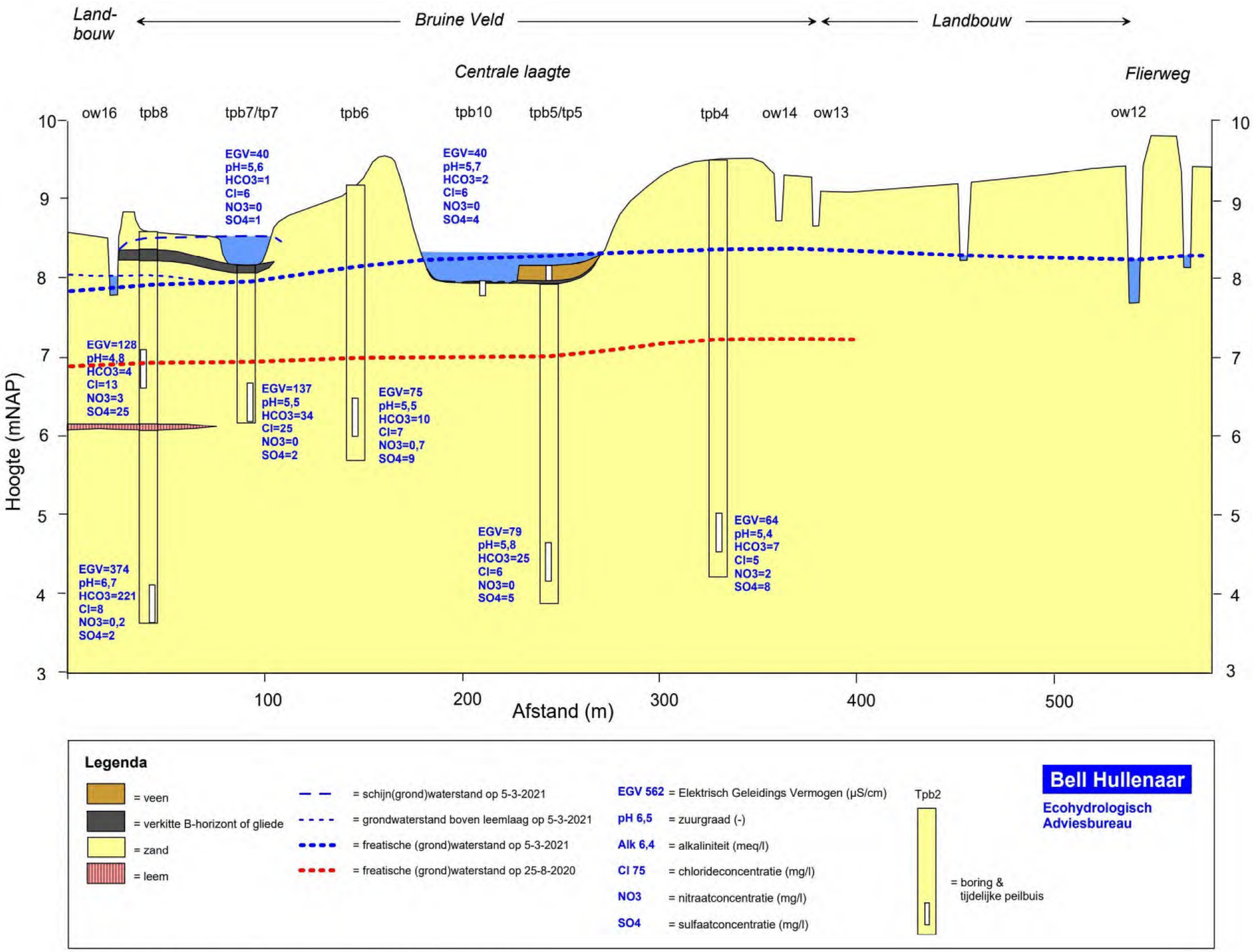
Relaties met vegetatie

In het niet geplagde gedeelte van de centrale laagte treedt vanwege het elke zomer langdurig droogvallen van de restveenlaag sterke mineralisatie op van de veenbodem, waardoor hier veel voedingsstoffen vrijkomen, als gevolg waarvan in dit gedeelte een soortenarme Pijpenstrootje-vegetatie aanwezig is. Dankzij de lichte grondwatervoeding groeit verspreid hierin wel Wateraarbei. Op de vier kleine plagplekken in het oostelijke deel is de veraarde veenlaag afgeplagd, waardoor de bodem hier voldoende verschraald werd voor de vestiging van natte heidesoorten en onder invloed van de laterale voeding met (zuur) grondwater (aanvankelijk) ook Beenbreek tot ontwikkeling kwam.

In de noordwestelijke helft van de centrale laagte zijn dankzij de plagwerkzaamheden schrale omstandigheden gecreëerd. Onder invloed van de hier niet alleen schrale maar ook natte omstandigheden en de lichte voeding met zwak gebufferd grondwater zijn hier behalve soorten van Kleine zeggenvegetaties (Moerasstruisgras, Waternavel, Egelboterbloem) ook soorten van het Oeverkruidverbond (Schildererpijs en Waterpostelein) tot ontwikkeling gekomen. De aanwezigheid van Riet geeft aan dat er ook nog plekken aanwezig zijn met voedselrijkere omstandigheden: wellicht zijn dit de plekken waar de toplaag minder grondig is afgeplagd en is in sterkere mate een humeuze / moerige laag is achtergebleven.

Dankzij de vochtige omstandigheden en de verschraling van de bodem door middel van het afplaggen van de toplaag is ter plaatse van de westflank van de centrale laagte een waardevolle natte pionierheide tot ontwikkeling gekomen (type N1) met soorten als Blauwe zegge, Moeraswolfsklauw, Dwergvlas, Klokjesgentiaan, Tormentil en Heidekartelblad.

In de kleine noordwestelijke laagte (met tpb7) zijn de omstandigheden nat en schraal genoeg geworden voor het tot ontwikkeling laten komen van een hoogveenslenkvegetatie met Waterveenmos en in laagste deel Gewone waterbies, met dankzij de zeer zwak gebufferde omstandigheden hierin ook Schildereprijs en Melkeppe. Met name in de buitenrand van de laagte treedt vanwege het te snel en te ver wegzakken van de grondwaterstand in het zomerhalfjaar versterkte mineralisatie op van de moerige toplaag, waardoor hier veel Pitrus groeit en de bedekking van Waterveenmos veel minder hoog is.



Figuur 3.3 Ecohydrologisch dwarsprofiel A-A'

3.3.3 Ecohydrologisch dwarsprofiel B-B'
(zie figuur 3.4)

Bodemopbouw

Ook in raai B-B' bestaat de bodem hoofdzakelijk uit leemarm zand. Ter plaatse van tpb1 is het zand tot op een diepte van 4 m -mv zeer fijn en is hieronder een laagje zeer grof zand met grind (van 0,2 m) aanwezig, alvorens vanaf 4,2 m -mv zandige leem met hierin grind is aangeboord: de keileemondergrond. Ter plaatse van tpb2 is tot op een diepte van 1,5 m -mv zeer tot matig fijn zand aangetroffen en zijn de dieper gelegen zandlagen matig tot zeer grof. Vanaf 3,3 m -mv zijn hierin enkele dunne leemlagen aangetroffen en vanaf 4,25 m -mv is de keileemondergrond aangeboord. Ter plaatse van tpb3 is tot op de einddiepte van de boring (5,0 m -mv) alleen zand aangetroffen. Tot op een diepte van 1,8 m -mv is het zand leemarm en zeer fijn. Vanaf 1,8 tot 3,0 m -mv is er een laag sterk lemig, zeer fijn zand aanwezig. Hieronder is het zand leemarm en matig tot zeer grof.

In de laagte is aan de oppervlakte een verkitte, sterk humeuze zandlaag aanwezig: een verkitte B-horizont. Ter plaatse van tp 11, in het diepste deel van de laagte, is deze laag 10 cm dik. Ter plaatse van tpb2, aan de rand van de laagte, is deze laag slechts 2 cm dik.

Grondwatersituatie

De grondwaterstroming vindt hoofdzakelijk plaats via de zandlaag boven de keileemondergrond. Vanwege de aanwezigheid van de keileem en de (volgens Regis) grote dikte van het keileempakket (6-8 m) is de wegzijging naar de diepere ondergrond (2e watervoerende pakket) beperkt.

Ter plaatse van dwarsprofiel B-B' is er van oost naar west een sterk verhang in de grondwaterspiegel aanwezig. Dit hangt niet alleen samen met de aanwezigheid van de omvangrijke dekzandrug (de Galgenbelt) in het oosten en de drainerende werking van het slotenstelsel in het noordwesten, maar ook (en vooral) met het in oostelijke richting oplopen van de bovenzijde van de weerstandsbiedende keileemlaag / het in samenhang hiermee dunner worden van de watervoerende zandlaag in deze richting.

De laagte is in het vroege voorjaar (5-3-2021) geïnundeerd. In het diepste deel (ter plaatse van tp11) bedraagt de waterdiepte dan 50 cm. In deze situatie, en ook in de winter, wordt de laagte vooral aan de oostzijde gevoed met grondwater. Uit de isohypsenkaart volgt dat de laagte daarnaast ook vanuit het zuiden en het noorden wordt gevoed met grondwater. Aangezien langs de buitenrand van de laagte de dikte van de stagnerende laag miniem is, vormt de aanwezigheid hiervan in deze zone geen grote belemmering voor deze voeding.

Aan de noordwestzijde is het oppervlaktewaterpeil in de laagte hoger dan de grondwaterstand: hier infiltreert dus water naar de zandondergrond. In natte winterperioden (5-2-2021) wordt in zeer beperkte mate aan de noordwestzijde water ook oppervlakkig afgevoerd. Vanwege de sterk drainerende werking van de grenssloot infiltreert dit water ter plaatse van de bosstrook langs de buitenzijde van het natuurgebied in de zandbodem.

In de zomer zakt de grondwaterstand ver weg: de grondwaterstanden die in tijdelijke peilbuizen tpb1 en tpb2 op 25-8-2020 zijn gemeten liggen 1,2 tot 1,25 meter lager dan de niveaus van 5-3-2021. Ter plaatse van tpb2 is de grondwaterstand op 20-8-2021 tot 1,1 m -mv weggezakt. Indien wordt aangenomen dat ook hier (net als bij peilbuis B28B0240) de GLG circa 20 cm dichter nabij maaiveld ligt dan de meetwaarden van 25-8-2020, dan ligt de GLG dus op circa 0,9 m -mv. Hoewel de grondwaterstand in de zandlaag in de zomer ver wegzakt, valt de laagte zelf dan nog steeds niet helemaal droog: op 20-8-2020 is in het diepste deel nog altijd een laagje water van 15 cm aanwezig. Dit is te danken aan de hoge weerstand van de relatief dikke stagnerende laag in het centrale deel van de laagte.

Ook hier wordt het in sterke mate wegzakken van de grondwaterstanden in de zomer vooral veroorzaakt door de sterk drainerende werking van het slotenstelsel van het landbouwgebied aan de noordzijde van het natuurgebied. Vanwege de grofzandige ondergrond dringt het negatieve effect hiervan hier tot ver in het natuurgebied door en is er waarschijnlijk ook een negatief effect hiervan op het intrekgebied van de laagte. Ook de zuidelijke hoofdsloot die ten (zuid)oosten van het Bruine Veld door de Galgenbelt heen snijdt heeft een negatieve invloed op de opbolling van het grondwater in het voedingsgebied. In combinatie hiermee is er ook hier sprake van een verminderde voeding door de aanwezigheid van bos in het intrekgebied, vanwege het relatief grote verdampingsverlies van bos ten opzichte van een heideachtige vegetatie. Het gaat hierbij niet alleen om het bos aan de oostzijde maar ook om het bos aan de noordzijde: immers ook vanaf deze zijde vindt voeding plaats.

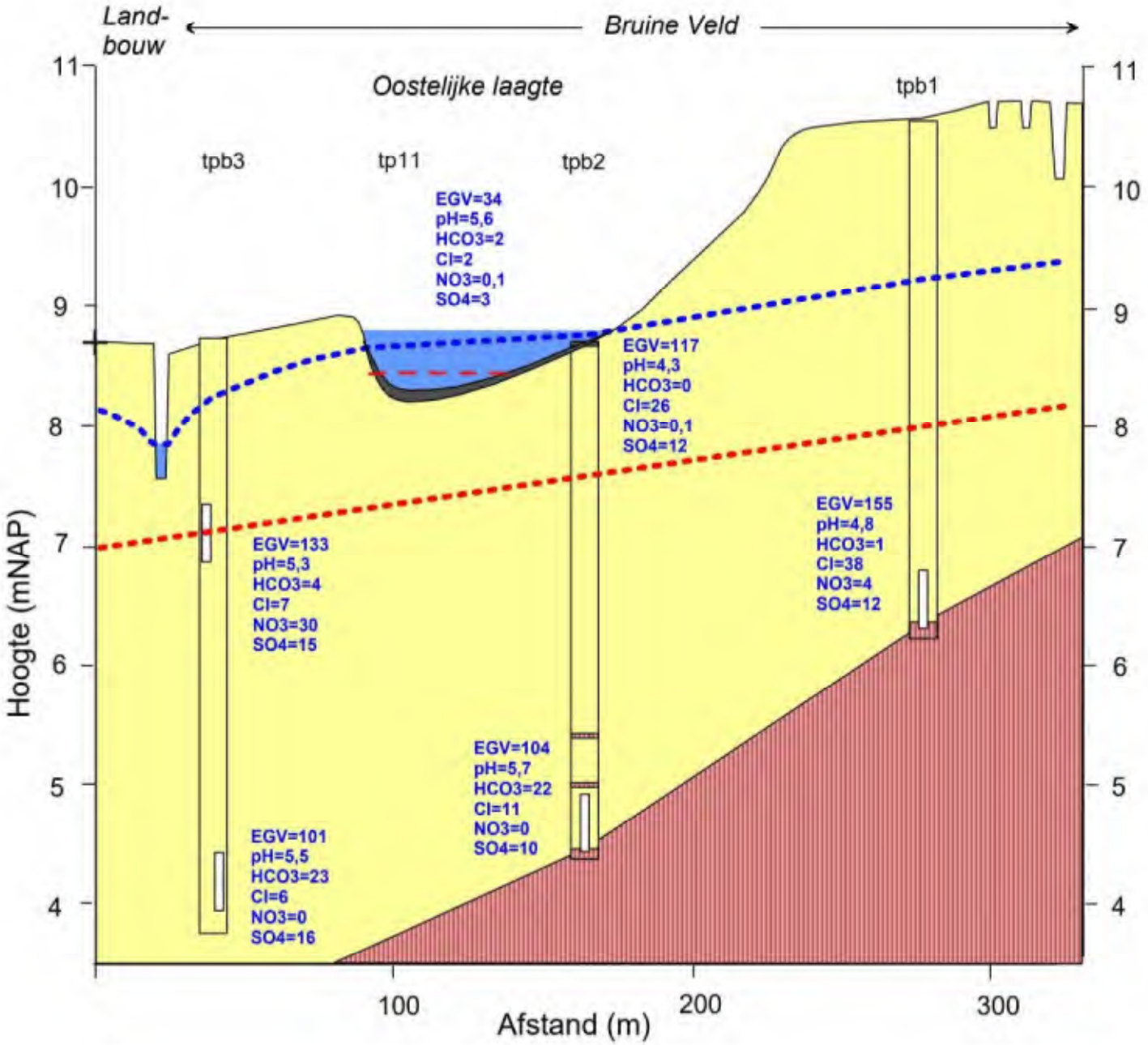
Hydrochemische situatie

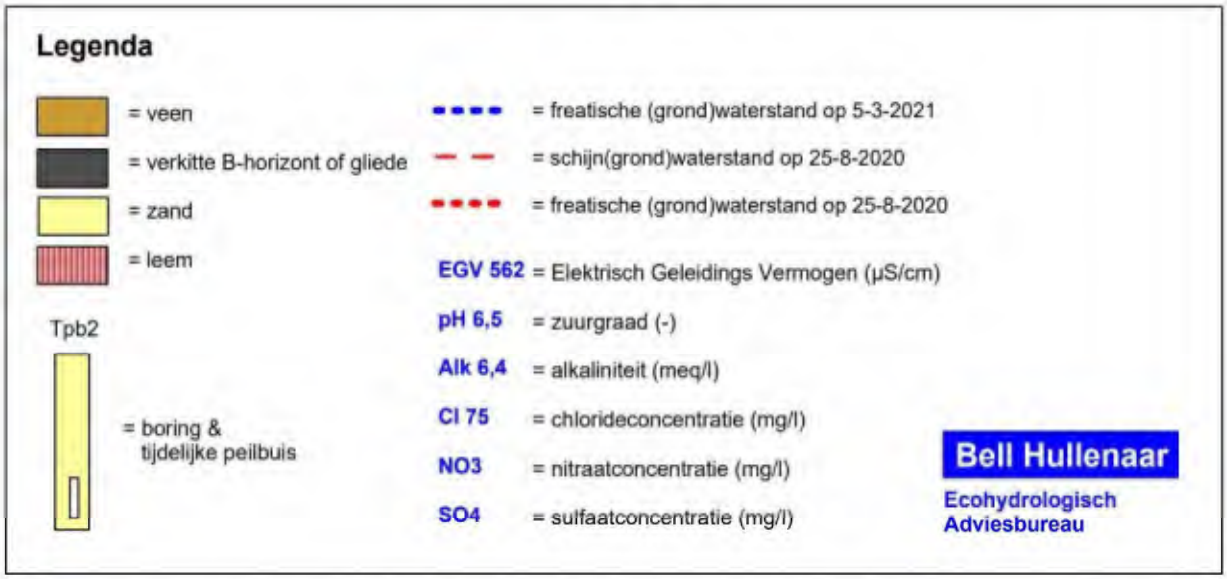
Het bemonsterde oppervlaktewater in de laagte is zeer zwak gebufferd (HCO3 = 2 mg/l; pH = 5,6). Het bemonsterde grondwater van tpb1 in het intrekgebied is echter vrijwel ongebufferd en zodoende sterk zuur (HCO3 = 1 mg/l; pH = 4,8). Dit geldt in nog sterkere mate voor het ondiepe grondwater in de toplaag van de bodem in de oeverzone van het ven (tpb2-1): dit grondwater is geheel ongebufferd en zodoende nog zuurder (HCO3 = 0 mg/; pH = 4,3). Het grondwater van het diepe filter van tpb2 (tpb2-2) is wel zwak gebufferd (HCO3 = 22 mg/l en pH = 5,7). Dus de zeer zwakke buffering van het venwater kan samenhangen met een lichte grondwatervoeding vanuit de zandondergrond of anders met bodemchemische processen die in de laagte zelf plaatsvinden.

Ook het grondwater van het diepe filter van tpb3 (tpb3-2) is zwak gebufferd (HCO3 = 23 mg/l; pH = 5,5) en dat van het ondiepe filter (tpb3-1) is zeer zwak gebufferd (HCO3 = 4 mg/l; pH = 5,3). Het ondiepe grondwater heeft een opvallend hoog nitraatgehalte (30 mg/l). Het is gezien de lage chlorideconcentratie (6 mg/l) en de stromingsrichting van het grondwater onwaarschijnlijk dat dit wordt veroorzaakt door landbouwkundige beïnvloeding. Mogelijk wordt de hoge concentratie veroorzaakt door een naijlingseffect van de vroegere mineralisatie van de (inmiddels afgeplagde) restveenlaag in de oostelijke laagte onder invloed van de verdroging. Gezien de stromingsrichting van het grondwater vormt dit nitraatrijke grondwater geen bedreiging voor (de laagten van) het natuurgebied.

Relaties met vegetatie

In een brede zone rond het ven is dankzij de natte omstandigheden en de effectieve verschraling van de bodem door middel van het afplaggen van de toplaag een goed ontwikkelde natte pionierheide tot ontwikkeling gekomen, met hierin soorten als Dophei, Moeraswolfsklauw, Bruine snavelbies, Kleine zonnedauw en Veenbies. Dankzij de laterale grondwaterstroming die in deze zone plaatsvindt groeien hierin ook soorten als Blauwe zegge en Kruipwilg en is hier in 2017 ook Beenbreek waargenomen (Tolman en Pranger, 2018). Bijzonder is ook de aanwezigheid van Witte snavelbies in de zone ten zuiden van het ven, aangezien dit een meer kritische grondwaterafhankelijke soort van hoogveenslenkvegetaties is. In het diepste deel van het ven zelf is vanwege de behoorlijk natte omstandigheden een hoogveenslenkvegetatie van het type Waterveenmos tot ontwikkeling gekomen, met hieromheen (onder invloed van de grondwatervoeding van het ven) een zone waar soorten van zwak gebufferde vennen als Schildereprijs en Waterpostelein groeien.





Figuur 3.4 Ecohydrologisch dwarsprofiel B-B'

3.3.4 Grondwatersituatie westelijke laagte (met tpb9)

Bodem

In de westelijke laagte is ter plaatse van tpb9 aan de oppervlakte een sterk veraarde veenlaag van 30 cm aanwezig. Aan de basis hiervan is een 10 cm dikke laag verkit, sterk humeus zand aangetroffen met hieronder een ijzerrijke, eveneens verkitte laag zwak humeus zand van 10 cm dik: het gaat hierbij om een verkitte B-horizont. Hieronder is tot op 1,85 meter -mv matig fijn, leemarm aanwezig en is vanaf 1,85 tot de einddiepte van de boring (2,0 m -mv) zandige leem aangeboord. Vermoedelijk gaat het hierbij om een leemlaag die deel uitmaakt van de fluvioperiglaciale afzettingen en dus niet de keileemondergrond.

Grondwatersituatie

Ter plaatse van tpb9-2 is op 5-3-2021 een oppervlaktewaterstand van 8,78 mNAP en een grondwaterstand van 7,93 mNAP gemeten. Het onderlinge verschil bedraagt hier dan dus 0,85 meter. Aangezien het maaiveld hier op 8,69 mNAP ligt, lag de oppervlaktewaterstand in deze laagte in het vroege voorjaar 9 cm boven maaiveld, terwijl de freatische grondwaterstand zich op 76 cm -mv bevond. Het verschil tussen de oppervlaktewater- en grondwaterstand wijst erop dat de verkitte B-horizont een aanzienlijke weerstandsbiedende werking heeft als gevolg waarvan hierboven een schijnwaterspiegel aanwezig is. De reeds in het vroege voorjaar lage freatische grondwaterstand wordt veroorzaakt door de drainerende werking van de slotenstelsels in de aangrenzende landbouwgebied. In het westelijke deel is dit effect relatief sterk, aangezien het natuurgebied hier aan drie zijden direct wordt begrensd door deze slotenstelsels. Als gevolg hiervan zakt de grondwaterstand ter plaatse van tpb9 in de zomer nog veel verder beneden maaiveld weg: op 20-8-2021 is hier een grondwaterstand van 1,68 m -mv gemeten. De laagte zelf is dan volledig droog gevallen.

In sommige boorgaten in de dekzandruggen rond de laagte zijn op 5-3-2021 grondwaterstanden gemeten die op een hoger niveau liggen dan op deze dag gemeten ter plaatse van tpb9-2: terwijl de grondwaterstand in tpb9-2 op 7,93 mNAP lag, zijn in boorgaten Bo1, Bo2 en Bo6 grondwaterstanden gemeten die uiteenlopen van 8,3 tot 8,5 mNAP (zie weergegeven waarden op isohypsenkaart). De hier relatief hoge gemeten grondwaterstanden hangen samen met de aanwezigheid van een 20 tot 50 cm dikke, zeer ijzerrijke en verkitte (inspoelings)laag die op deze plekken tussen de 0,5 en 1,0 m -mv is aangetroffen. Deze laag heeft een aanzienlijke weerstand waardoor hierboven (net als in veel van de laagten) een ondiep grondwatersysteem aanwezig is. Daarbij is de grondwaterstand in deze boorgaten ingesteld op een niveau dat tussen het ondiepe en het diepe systeem in ligt. Dus vanwege de aanwezigheid van deze stagnerende laag is de boorgatenmethode hier in feite ongeschikt voor het goed in kaart brengen van functioneren van het grondwatersysteem (de boorgaten zijn immers door de scheidende laag heen geboord). De hier gemeten grondwaterstanden zijn dan ook buiten beschouwing gelaten bij de vervaardiging van de isohypsenkaart.

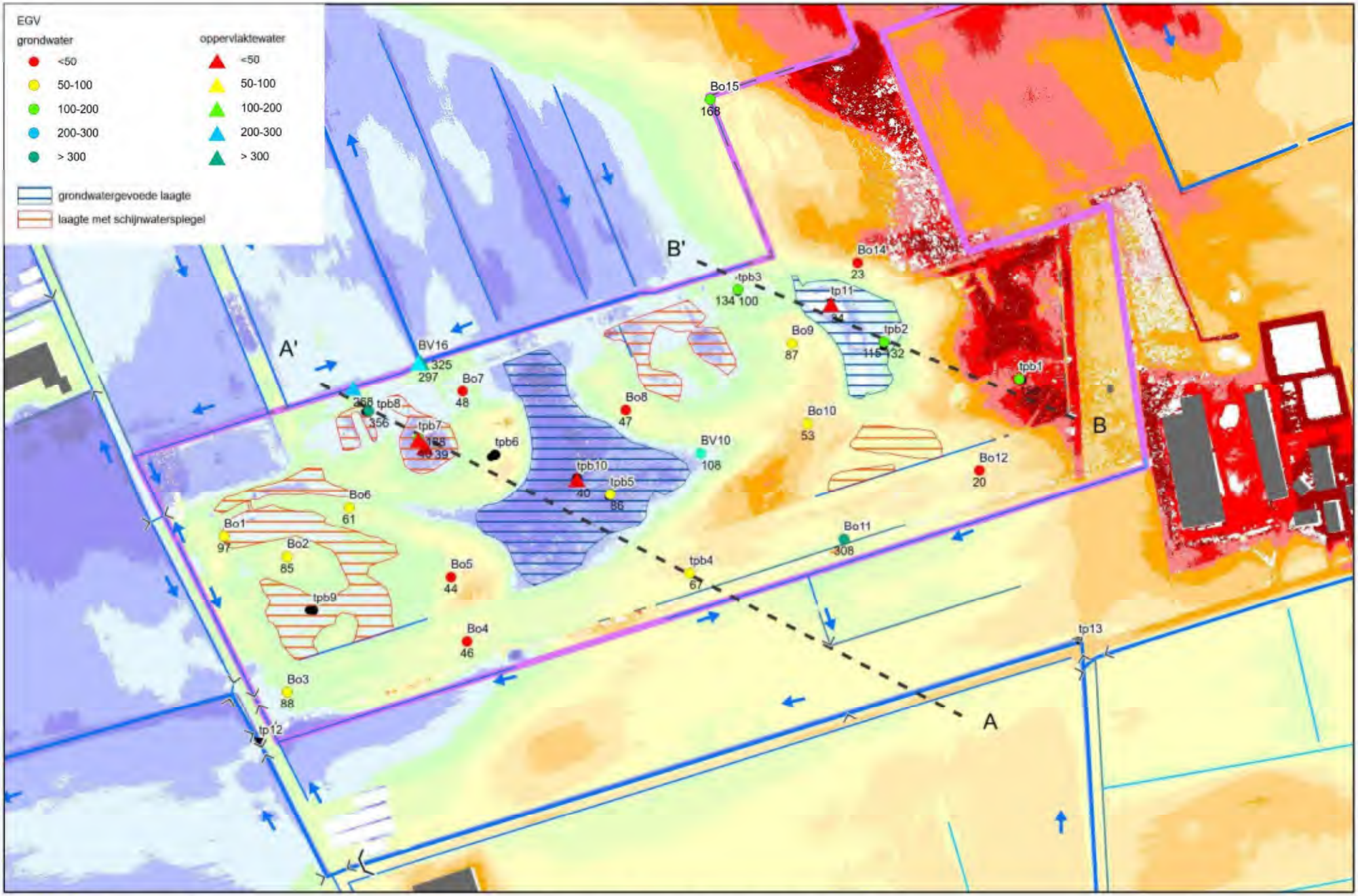
Relaties met de vegetatie

Vanwege het elke zomer langdurig droogvallen van de restveenlaag treedt sterke mineralisatie op van de veenbodem, waardoor hieruit veel voedingsstoffen vrijkomen, als gevolg waarvan het grootste deel van de laagte is begroeid met een soortenarme Pijpenstrootje-vegetatie met hierin hooguit sporadisch Dophei. In combinatie hiermee is ook opslag van Berk aanwezig.

3.4 Resultaten EGV- en pH-metingen in boorgaten

De resultaten van de pH en EGV-metingen in de boorgaten zijn weergegeven in de tabel in bijlage 5. In figuur 3.5 zijn de resultaten van de EGV-metingen ook op kaart weergegeven. Op deze kaart zijn behalve de resultaten van de metingen in de boorgaten ook de waarden weergegeven voor het bemonsterde grondwater in de tijdelijke peilbuizen en het bemonsterde oppervlaktewater. Omdat er weinig variatie is gemeten in de pH (overal 5,5 à 6,0) zijn de resultaten hiervan weggelaten op de kaart.

Uit de resultaten volgt dat ook in de boorgaten (net als in de meest tijdelijke peilbuizen) bijna overal ionenarm (EGV < 150 µS/cm) en zwak gebufferd (pH 5,5 à 6,0) grondwater is aangetroffen. Alleen ter plaatse van Bo11 is een veel hogere EGV gemeten: 308 µS/cm. Dit boorgat bevindt zich dicht nabij het landbouwgebied aan de zuidzijde. De hoge EGV wijst op de aanwezigheid van antropogeen beïnvloed grondwater. Op grond van de isohypsenkaart (figuur 3.2) volgt dat het grondwater hier in het vroege voorjaar in zuidelijke richting afstroomt. In de zomer is er waarschijnlijk echter een licht verhang in noordwestelijke richting, als gevolg hiervan kan het ionenrijke grondwater hier blijkbaar toch het natuurgebied bereiken.



Figuur 3.5 EGV's Bruine Veld, 5 maart 2021

1:4,000

3.5 Resultaten bodemchemisch onderzoek

De opzet en de volledige resultaten van het bodemchemisch onderzoek zijn beschreven in het rapport van B-WARE (zie bijlage 7). In de onderstaande tekst worden de belangrijkste resultaten besproken. Voor de locaties van de bodemmonsters: zie figuur 2 in bijlage 7.

Referentielocaties (ref1 t/m ref5)

Ter plaatse van de referentielocaties met de goed ontwikkelde natte pionierheide op de flank van de oostelijke laagte (ref1 & ref3) is de bodem behalve voedselarm (Olsen-P: 327 / 336 µmol/l) ook zuur (pH-z: 3,7 à 3,8, Ca-t: 3 à 4 mmol/l en Ca-z 611 à 2155 µmol/l). Ook op de plek met de hoogveenslenkvegetatie in het diepste deel van de oostelijke laagte (ref2) is de bodem zuur (pH-z: 4,0, Ca-t: 7 mmol/l en Ca-z: 3972 µmol/l). Met een Olsen-P van 480 µmol/l is de bodem redelijk fosfaatarm. Getuige de hoge NH4-z concentratie (727 µmol/l komt vanuit de sterk humeuze laag die hier aan de oppervlakte ligt (en een organisch stofgehalte van 9%) nog wel behoorlijk veel stikstof vrij.

Ter plaatse van de referentielocaties met de Kleine zeggenvegetatie met hierin ook soorten van zwak gebufferde vennen in de centrale laagte (ref4 en ref5) is de bodem lemiger en hier zijn ook hogere calciumconcentraties en zodoende ook minder zure omstandigheden gemeten (Ca-t: 19-20 mmol/l en Ca-z: 7.300-8.900 µmol/l, pH-z: 4,1). De Olsen-P bedraagt 138 µmol/l op de plek waar vrijwel de sterk humeuze laag vrijwel geheel is afgeplagd (ref5) en 359 µmol/l op de plek waar deze laag grotendeels intact is gelaten (ref4). Vanuit de organische stof die na het afplaggen in de toplaag is achtergebleven komt in beperkte mate nog stikstof vrij in de vorm van ammonium (NH4-z = 260 à 290 µmol/l).

Niet geplagde deel van de centrale laagte (locaties 1 en 2)

Zowel op locatie 1 (oosthoek van de laagte) als op locatie 2 (centrale deel van de laagte, op 30 à 40 meter van ref4 & ref5) gedijt Pijpenstrootje goed omdat er in de vorm van ammonium veel stikstof vrij uit de gemineraliseerde veenbodem komt (NH4-z 447 à 599 µmol/l over een diepte van 0 tot 20 cm -mv). Vanuit de onderliggende moerige of sterk humeuze zandlaag aan de veenbasis komt veel minder ammonium vrij (NH4-z 200 à 250 µmol/l voor de bodemlaag tussen 20 en 25 cm -mv). Vanuit de zandlaag hieronder (25 tot 35 cm -mv) komt nog veel minder ammonium vrij (NH4-z: 60 à 70 µmol/l) Op beide locaties zijn beide lagen in de huidige situatie uitgesproken zuur (pH-z 2,9 à 3,7, Ca-t 4 à 6 mmol/l en Ca-z 700 à 1600 µmol/l). Deze bodemlagen lijken zodoende meer op die van de zure bodems van ref1, ref2 en ref3 ter plaatse van (de flank van) de oostelijke laagte dan op die van de zwak gebufferde bodems van ref4 en ref5 van de centrale laagte zelf.

Voor locatie 1 kunnen de zure omstandigheden worden verklaard vanuit de positie van deze locatie in het hydrologische systeem: deze locatie bevindt zich namelijk ter plaatse van de flank van de laagte. Zodoende staat deze zone (net als de flank van de oostelijke laagte) alleen onder invloed van zeer ondiep en lateraal afstromend, zuur grondwater. Het zwak gebufferde grondwater kan pas lager in het systeem, dus in de laagte zelf, naar de oppervlakte stromen en aldus de bodem van de laagte voeden. Dat lukt blijkbaar echter wel op locaties ref4 en ref5 en niet op de nabij gelegen locatie 2. Dit verschil komt waarschijnlijk doordat er op locaties ref4 en ref5 praktisch geen weerstand meer aanwezig -is vanwege het afplaggen van de veraarde veenbodem inclusief een deel van de stagnerende laag aan de veenbasis, terwijl de stagnerende laag op locatie 2 nog wel aanwezig is. Dus terwijl op locaties ref4 en ref5 het zwak gebufferde grondwater periodiek de oppervlakte kan bereiken, lukt dat vanwege de aanwezigheid van de stagnerende laag nu niet op locatie 2. Vanwege de aanwezigheid van de stagnerende laag vormt zich hierboven daarentegen in natte perioden een neerslaglens en in relatie tot het overwegend aanwezig zijn van een wegzijgingssituatie staat ook de onderliggende veenbasis onder

invloed van het infiltrerende water, wat de aanwezigheid van de aangetroffen zure bodemlagen verklaart.

Dit fenomeen verklaart ook waarom er in de eerste jaren na uitvoering van de plagwerkzaamheden (bij de inventarisatie van buro Bakker in 2002) vooral veel Knolrus is waargenomen, terwijl later (bij de kartering van bureau Natuurbalans - Limes Divergens in 2008 en bij de eigen waarnemingen in 2020) de soorten Waterpostelein en Schildereprijs zijn aangetroffen en juist heel weinig Knolrus is aangetroffen: dus pas toen na een aantal jaren onder invloed van de doorstroming met zwak gebufferd grondwater de nieuwe toplaag weer voldoende was gebufferd, vond deze ontwikkeling plaats.

Dus indien de veraarde restveenlaag in de zuidoostelijke helft van de centrale laagte wordt afgeplagd, dan wordt de bodem net zo effectief verschraald als ter plaatse van ref4 en ref5 en zullen daarbij ter plaatse van de flank van de laagte naar verwachting dezelfde zure omstandigheden ontstaan als ter plaatse van locaties ref1 en ref3, wat betekent dat ook hier ontwikkeling van een soortenrijke natte heide met hierin ook meer kritische grondwaterafhankelijke soorten mogelijk is. In het lage deel zullen na uitvoering van de plagwerkzaamheden naar verwachting aanvankelijk zure omstandigheden aanwezig zijn en pas na verloop van jaren (onder invloed van de gestimuleerde doorstroming met zwak gebufferd grondwater) zwak gebufferde omstandigheden.

Bij het afplaggen van de veraarde veenlaag is het (naar voorbeeld van het reeds geplagde deel) raadzaam om de stagnerende laag (ofwel de gliedeachtige laag onder de veraarde veenlaag: zie paragraaf 3.3.2) deels mee af te graven en deels te laten liggen. Het deels afgraven is gunstig omdat hiermee de weerstand van de laag grotendeels wordt weggenomen, waardoor een betere voeding met zwak gebufferd grondwater kan optreden, en omdat hiermee het organisch stofgehalte van de bodem extra sterk wordt gereduceerd, waardoor er dus minder risico is op het alsnog vrijkomen van veel ammonium uit de bodem, wat de hervestiging van Pijpenstrootje zou bevorderen. Het is echter wel van groot belang om een deel van de humeuze laag te laten liggen. Op deze manier wordt namelijk een deel van het organische stof behouden, wat van belang is voor de binding van calcium en dus leidt tot een betere buffering.

In de laagte mag eenmalige bekalking niet worden toegepast, aangezien het bekalken op organische bodem leidt tot versnelde afbraak van de organische stof en dus het in sterke mate vrijkomen van voedingsstoffen. Bovendien is bekalking hier vanuit bufferingsoogpunt niet nodig omdat na verloop van tijd onder invloed van de verbetering van de voeding met zwak gebufferd grondwater de bodem op natuurlijke wijze zwak gebufferd worden. Omdat er hier naar verwachting nog kiemkrachtige zaden in de bodem aanwezig zijn en de doelsoorten op korte afstand aanwezig zijn lijkt het hier ook niet nodig om na het plaggen (en bekalken) maaisel uit de goed ontwikkelde doelvegetaties elders in het natuurgebied op te brengen (mededeling ecoloog 5.1.2e, Staatsbosbeheer).

4 Synthese en conclusies

Ecohydrologisch functioneren en knelpunten

Het Bruine Veld ligt in het overgangsgebied van de lage stuwwallen van Hoge Hexel en Daarle naar de dalvormige laagte van het Hexelse Flier (zie geomorfologische kaart, figuur 2.5). Rond de stuwwallen liggen gordeldekzandruggen. De omvangrijke gordeldekzandrug die rond het zuidelijke deel van de stuwwal van Daarle ligt doorkruist het noordoostelijke deel van het natuurgebied en wordt hier de Galgenbelt genoemd. In de rest van het natuurgebied is een fijnmazig reliëf aanwezig van opgestoven kleine dekzandruggen en uitgestoven laagten (zie hoogtekaart, figuur 2.6). De centrale laagte en oostelijke laagte staan via drempels in verbinding met een smalle dalvormige laagte ten noorden van het natuurgebied, die verder noordwestelijk in verbinding staat met de grote laagte van het Hexelse Flier. In al deze laagten vond in het Holoceen veenvorming plaats. Dit veen is vrijwel geheel afgegraven. In het natuurgebied is op sommige plekken nog een dunne restveenlaag aanwezig.

Tot in het begin van de 20e eeuw was nog een redelijk ongeschonden heide- en hoogveenlandschap aanwezig (zie figuur 2.2a). Vooral in de periode vanaf de jaren 1930 tot en met de jaren 1960 heeft ontginning van de omgeving plaatsgevonden en uiteindelijk bleef alleen een klein heiderestant over. Hieraan zijn in de jaren 1980 aan de noord-, zuid- en oostzijde smalle zones toegevoegd om te dienen als buffers naar de intensief beheerde landbouwgronden in de omgeving (zie figuur 2.2b, situatie in 1990).

De regionale grondwaterstroming vindt plaats via een circa 35 meter dik pakket van grove rivierzanden, die het tweede watervoerende pakket vormen (zie geo(hydro)logisch dwarsprofiel, figuur 2.3). De lokale grondwaterstroming vindt plaats via een 1,5 tot (ruim) 5 meter dik pakket van dekzanden en fluvio(peri)glaciale afzettingen, die het eerste watervoerende pakket vormen. Tussen het eerste en tweede watervoerende pakket bevindt zich een doorgaans 6 tot 8 meter dikke keileemlaag, die slecht doorlatend is. Gezien de wijze van afzetting van de keileem (als grondmorene) is de verbreiding en dikte hiervan grillig en kunnen zich hierin ook zwakke plekken of zelfs gaten bevinden. Alleen in het uiterste oosten van het natuurgebied (ter plaatse van tpb1 en tpb2) is in het kader van het veldonderzoek van deze LESA de bovenzijde van de keileem aangeboord. Hoewel verder westelijk tot (ruim) 5 m -mv is geboord, is de keileem hier niet aangeboord. Waarschijnlijk ligt de keileem hier dieper. Het kan echter niet worden uitgesloten dat zich in de keileemlaag ook te plaatse van het natuurgebied zwakke plekken of zelfs gaten bevinden.

De stuwwallen van Daarle en Hoge Hexel ten oosten van het Bruine Veld en de omliggende hoog gelegen gebieden (tot en met de gordeldekzandruggen) vormen belangrijke voedingsgebieden voor het regionale systeem. De dalvormige laagte van het Hexelse Flier vormt een belangrijk kwelgebied. Aldus stroomt het diepe grondwater van het tweede watervoerende pakket ter plaatse van het Bruine Veld in westelijke richting. Als gevolg van de onttrekking van grondwater ter plaatse van de drinkwaterwinning Hoge Hexel is de functie van deze stuwwal als voedingsgebied sterk verminderd. Ter plaatse van het Bruine Veld veroorzaakt de winning een berekende stijghoogteverlaging van 10 tot 20 cm in het tweede watervoerende pakket (zie figuur 2.8a) en dit veroorzaakt hier een versterkte wegzijging van grondwater vanuit het eerste naar het tweede watervoerende pakket. Dit leidt tot een berekende grondwaterstandsverlaging van 5 tot 15 cm in het oostelijke deel van het natuurgebied. In de rest van het natuurgebied wordt onder de huidige omstandigheden vanwege de aanwezigheid van de sterk drainerende slotenstelsels in de omgeving (zie figuur isohypsenkaart: figuur 3.2) geen effect van de winning op de grondwaterstand berekend. Ofwel: bij het (denkbeeldig) stopzetten van de winning zal de afname in de wegzijging hier tot uiting komen als toename van de kwelflux naar de sloten en pas als de drainerende werking van de sloten wordt aangepakt, dan zal het stopzetten van de winning tot uiting komen in een verhoging van de grondwaterstand. De aanleg van

de kleine zandwinplas ten noordoosten van het natuurgebied heeft hooguit een klein effect op het grondwatersysteem: de vlakke oppervlaktewaterspiegel van de plas snijdt de hellende grondwaterspiegel iets aan, waardoor de functie van stuwwal van Daarle als voedingsgebied in het betreffende gebied iets minder optimaal is. Het Bruine Veld ligt ver genoeg van de plas verwijderd (1 km) om hiervan geen nadelige invloed te ondervinden. Bovendien wordt de functie van de stuwwallen en de omliggende hoog gelegen gebieden als voedingsgebieden veel sterker aangetast door de drainerende werking van de stotenstelsels die hier aanwezig zijn.

Voor het lokale systeem van het Bruine Veld vormt de dekzandrug van de Galgenbelt een belangrijk voedingsgebied (zie isohypsenkaart, figuur 3.2). Vanuit deze dekzandrug stroomt het grondwater in westelijke richting naar het noordoostelijke deel van het natuurgebied. In combinatie hiermee stroomt vanuit de dekzandruggen en vanuit een deel van de hoog gelegen bufferzone in het zuidelijke deel van het natuurgebied het grondwater in noordwestelijke richting af naar het centrale, westelijke en noordelijke deel van het natuurgebied.

De slotenstelsels van de aangrenzende landbouwgebieden hebben een sterk drainerende werking op het grondwater (zie isohypsenkaart, figuur 3.2 en ecohydrologische dwarsprofielen A-A'en B-B, figuren 3.3 en 3.4):

- De grondwatervoeding vanuit de Galgenbelt wordt verminderd door de drainerende werking van het slotenstelsel en vooral de hoofdsloot van het landbouwgebied in de laagte ten noordoosten van het Bruine Veld.
- Als gevolg van de drainerende werking van de sloten in het landbouwgebied aan de zuidzijde en de hoofdsloot langs de Flierweg wordt de functie van de hoog gelegen buffer en de dekzandruggen in het zuidelijke deel van het natuurgebied als voedingsgebied voor de rest van het natuurgebied gereduceerd en kan ook het betreffende landbouwgebied zelf niet als voedingsgebied functioneren.
- Als gevolg van de drainerende werking van de slotenstelsels aan de west- en noordzijde, en vooral de sterk drainerende werking van de hier aanwezige diepe hoofdsloten, verliest het natuurgebied hier veel grondwater naar de omgeving. Terwijl het slotenstelsel van het westelijke landbouwgebied vooral een verdrogende werking heeft op het westelijke deel van het natuurgebied, werkt het verdrogende effect van het slotenstelsel van het noordelijke landbouwgebied door in een veel groter deel van het natuurgebied. Dus dit stelsel heeft een relatief sterk negatief effect.

Ondanks deze aantastingen zijn de laagten in de winter en het vroege voorjaar geïnundeerd en zijn in deze perioden langs de randen hiervan vochtige omstandigheden aanwezig. In de meeste laagten hangen de natte omstandigheden vooral samen met de aanwezigheid van een stagnerende laag aan of vlak nabij maaiveld in de vorm van een verkitte B-horizont, waardoor de oppervlaktewaterspiegel hier een stuk hoger ligt dan de freatische grondwaterspiegel en hier zodoende schijnwaterspiegels aanwezig zijn. Vanwege het nagenoeg ontbreken van een stagnerende laag in het geplagde deel van de centrale laagte en de beperkte weerstand van de stagnerende laag in het grootste deel van de volledig geplagde oostelijke laagte zijn de systeemweerstanden van deze laagten als geheel zeer laag, waardoor de oppervlaktewatersystemen hier wel in direct contact staan met het grondwatersysteem. Zowel de oostelijke als de centrale laagte worden daarbij met name in natte winterperioden in lichte mate vanuit het (zuid)oosten gevoed door grondwater, vanwege het hier iets aansnijden van de hellende grondwaterspiegel door de vlakke oppervlaktewaterspiegel van deze laagten. Omdat het lokale grondwater zwak gebufferd is, is onder invloed van de periodieke voeding hiervan het oppervlaktewater in de laagten zeer zwak gebufferd.

In beide laagten, en vooral in de centrale laagte, is de grondwatervoeding echter minimaal vanwege de drainerende werking van de slotenstelsels in de omgeving op de voedingsgebieden. Bovendien leidt dit tot het versneld en ver wegzakken van de grondwaterstanden in de laagten en de flanken hiervan in de zomer.

Daar waar dankzij de uitvoering van plagwerkzaamheden de bodem van deze twee grondwatergevoede laagten op effectieve wijze is verschraald zijn in relatie tot de bijzondere hydrologische omstandigheden en de aanwezigheid van de overgangen van hoog naar laag waardevolle vegetaties tot ontwikkeling gekomen. Ter plaatse van de flanken van beide laagten betreft het waardevolle natte (pionier)heide met hierin behalve typische natte heidesoorten als Dophei, Veenbies, Kleine zonnedauw en Moeras-wolfsklauw ook meer kritische grondwaterafhankelijke soorten als Blauwe zegge, Klokjesgentiaan, Heidekartelblad, Kruipwilg en op een enkele plek Beenbreek. In het afgeplagde lage deel van de centrale laagte is een Kleine zeggenvegetatie tot ontwikkeling gekomen waarin weliswaar Moerasstruisgras domineert en ook vrij veel Riet groeit, maar ook soorten als Egelboterbloem, Geelgroene zegge en Gewone waternavel voorkomen. Met de aanwezigheid van Schildereprijs en Waterpostelein heeft de vegetatie ook elementen van het Oeverkruidverbond. In het centrale deel van de oostelijke laagte, waar wel een stagnerende laag aanwezig is, als gevolg waarvan dit deel ook gedurende de zomer lang nat blijft, is een hoogveenslenkvegetatie tot ontwikkeling gekomen, van het type van Waterveenmos, met hieromheen sneller droogvallende zone waar inmiddels ook Waterpostelein en Schildereprijs groeien.

In het niet geplagde zuidoostelijke deel van de centrale laagte is aan de oppervlakte een sterk veraarde restveenlaag aanwezig, die onder invloed van de verdroging elke zomer langdurig droogvalt, waardoor sterke mineralisatie van het veen optreedt en dus veel voedingsstoffen vrijkomen. Als gevolg hiervan en geholpen door de extra hoge stikstof-depositie vanwege de aanwezigheid van de direct aangrenzende intensieve varkens-houderij is in dit gedeelte vooral een soortenarme Pijpenstrootje-vegetatie aanwezig. Omdat juist dit zuidoostelijke deel, en vooral de oosthoek, aan de voedingkant van de laagte liggen, heeft dit deel extra hoge potenties voor herstel / ontwikkeling van waardevolle natte heide en ven(achtige) vegetaties. Deze potenties blijken ook uit het hier verspreid (in de Pijpenstrootje-vegetatie) voorkomen van Wateraarbei en de vestiging van soorten als Beenbreek, Blauwe zegge, Geelgroene zegge, Klokjesgentiaan en Veenbies op de gecreëerde kleine plagplekken.

De laagten met schijn(grond)waterspiegels worden dus niet vanuit het lokale grondwater-systeem gevoed. Ze zijn ook minder gevoelig voor de sterk drainerende werking van de slotenstelsels in de omgeving. Desalniettemin worden ook deze laagten hierdoor negatief beïnvloed: in de eerste plaats door een versterkte wegzijging via de stagnerende laag door de verlaagde grondwaterstand in de zandondergrond en in de tweede plaats door een versterkte laterale afvoer over de stagnerende laag heen, wat in beide gevallen leidt tot het versneld en extra diep wegzakken van de grondwaterstand in de zomer. In samenhang hiermee treedt mineralisatie op van de niet geplagde restveenlaag in de westelijke laagte. Als gevolg hiervan en vanwege de hoge stikstofdepositie vanuit de lucht is ook hier een soortenarme Pijpenstrootjevegetatie aanwezig. In de geplagde kleine laagte ten noordwesten van de centrale laagte komt het te snel en te ver wegzakken van de grondwaterstand tot uiting in de aanwezigheid van veel Pitrus in een brede zone rond het centrum van de laagte. In het centrale deel zijn de omstandigheden wel nat genoeg voor een rompgemeenschap van een hoogveenslenkvegetatie.

Dus op grond van de resultaten van deze LESA volgt dat het Bruine Veld inderdaad verdroogd is en dat de diepe landbouwkundige ontwatering van de omgeving hiervan de belangrijkste oorzaak is. In combinatie hiermee heeft ook de drinkwaterwinning van Hoge Hexel een negatief effect op het gebied, maar omdat het sterk negatieve effect van de ontwateringssystemen overheerst is het effect van de winning in de huidige situatie van minder groot belang. Dit geldt ook voor de verminderde grondwateraanvulling als gevolg van de aanwezigheid van bos in de lokale voedingsgebieden, vanwege het relatief hoge verdampingsverlies van bos ten opzichte van heide.

Herstelmogelijkheden

Niet alleen om het te snel en te ver wegzakken van de grondwaterstand in alle laagten in de zomer tegen te gaan, maar ook om de grondwatervoeding van de centrale laagte en de oostelijke laagte te verbeteren, is het van groot belang om de verdroging te bestrijden. In relatie tot het vaker voorkomen van extreem droge zomers als gevolg van klimaatsverandering is dit van extra groot belang.

Aangezien de sterk drainerende werking van de slotenstelsels in de aangrenzende landbouwgebieden de belangrijkste oorzaak vormt van de verdroging van het natuurgebied, dient voor effectieve beststrijding van de verdroging hiervan aanpak van deze stelsels plaats te vinden. Dit is mogelijk door het sterk verbreden van de bufferzones aan zowel de noord- als zuidzijde van het natuurgebied en het hier dempen van de sloten en dit te combineren met de realisatie van een buffer aan de westzijde en het hier eveneens dempen van de sloten. Daarbij geldt de hoogste prioriteit voor de uitbreiding van de buffers aan de noord- en zuidzijde. Het is op grond van deze LESA niet te zeggen hoe breed de bufferzones moeten zijn. Dit is wel mogelijk op basis van grondwatermodelberekeningen.

Aangezien ook de drinkwaterwinning van Hoge Hexel voor verdroging zorgt kan de realisatie van de buffers ook gezien worden als mitigerende maatregel voor deze winning. In relatie tot de geplande nieuwe winning in het gebied ten noordoosten van het Bruine Veld is het belangrijk dat er in de toekomst in ieder geval geen toename zal zijn van de verdroging als gevolg van deze drinkwateronttrekkingen. Daarbij is het zaak om bij het inzichtelijk maken van de effecten van de nieuwe winning niet alleen te kijken naar het effect van de nieuwe winning zelf, maar ook naar het cumulatieve effect van Hoge Hexel, Wierden en de nieuwe winning.

Ook is het voor het ontwikkelen / herstellen en vervolgens duurzaam instandhouden van de heide en ven(achtige) vegetaties belangrijk om tot een reductie te komen van de hoge stikstofdepostie. Hiertoe is het dus vooral belangrijk om tot een effectieve aanpak te komen van de uitstoot van de direct aangrenzende intensieve varkenshouderij.

Ook door middel van interne maatregelen kan de ecologische ontwikkeling van het natuurgebied worden verbeterd. Naar voorbeeld van de reeds geplagde delen kan ook elders in het natuurgebied winst geboekt worden door het afplaggen van de toplaag van de bodem, om zo ook daar de sterke vergrassing met Pijpenstrootje als gevolg van de hoge stikstofdepositie en (daar waar nog aanwezig) de mineralisatie van de restveenlaag tegen te gaan. Hierbij is de nog niet geplagde zuidoostelijke helft van de grondwatergevoede centrale laagte het meest kansrijk, temeer omdat dit deel van de laagte aan de voedingskant van het systeem ligt. Hoewel het uiteraard veel beter is om deze maatregel uit te voeren in combinatie met de eerder beschreven maatregelen voor herstel van het hydrologische systeem, kan herstel van dit deelgebied tot op zekere hoogte ook plaatsvinden door middel van het uitsluitend afplaggen van de veraarde veenlaag.

Bij het afplaggen van de gemineraliseerde veenlaag is het (naar voorbeeld van het reeds geplagde deel) raadzaam om de stagnerende laag aan de veenbasis deels mee af te graven en deels te laten liggen. Het deels afgraven is gunstig omdat hiermee de weerstand van de laag grotendeels wordt weggenomen, waardoor een betere voeding met zwak gebufferd grondwater kan optreden. Bovendien is het deels afgraven belangrijk omdat hiermee het organisch stofgehalte van de bodem extra sterk wordt gereduceerd, waardoor er dus minder risico is op het alsnog vrijkomen van veel ammonium uit de bodem, wat de hervestiging van Pijpenstrootje zou bevorderen. Het is echter wel van groot belang om een deel van de humeuze laag te laten liggen. Op deze manier wordt namelijk een deel van het organische stof behouden, wat van belang is voor de binding van calcium en dus leidt tot een betere buffering. Eenmalige bekalking mag hier niet worden toegepast, aangezien het bekalken op organische bodem leidt tot versnelde afbraak van de organische stof en dus het in sterke mate vrijkomen van voedingsstoffen. Bovendien is bekalking hier vanuit bufferingsoogpunt niet nodig omdat na verloop van tijd onder invloed van de verbetering

van de voeding met zwak gebufferd grondwater de bodem op natuurlijke wijze zwak gebufferd worden. Omdat er hier naar verwachting nog kiemkrachtige zaden in de bodem aanwezig zijn en de doelsoorten op korte afstand aanwezig zijn lijkt het hier ook niet nodig om na het plaggen maaisel uit de goed ontwikkelde doelvegetaties elders in het natuurgebied op te brengen.

Het deels mee afgraven van de stagnerende laag zal geen extra verdroging veroorzaken, aangezien de systeemweerstand van de laagte als geheel nu al laag is, aangezien het bovenste deel van de stagnerende laag in de noordwestelijke helft van de laagte al is afgeplagd. Ook bij de uitvoering van de plagwerkzaamheden in 2000 is de stagnerende waarschijnlijk bewust deels mee afgegraven, omdat herstel van de hoogveenontwikkeling hier niet meer mogelijk is en omdat er bij het deels mee afgraven van de stagnerende laag er in deze grondwatergevoerde laagte juist grote kansen liggen voor ontwikkeling van waardevolle grondwaterafhankelijke vegetaties.

Bij het op deze wijze uitvoeren van de maatregelen zal ook in de zuidoostelijke helft van de laagte naar verwachting namelijk een waardevolle gradiënt ontstaan met ter plaatse van de flank een natte (pionier)heide met hierin kritische grondwaterafhankelijke soorten en in de laagte zelf een Kleine zeggenvegetatie met hierin soorten van het Oeverkruid-verbond. Ten aanzien van de fauna zal dit met name een positief effect hebben op de nu al redelijk goed ontwikkelde lilbellen- en amfibiënpopulatie van het natuurgebied. Met het bestrijden van de verdroging conform de eerder voorgestelde maatregelen kunnen deze waardevolle grondwaterafhankelijke vegetaties en waterafhankelijke fauna ook bij het vaker voorkomen van extreem droge zomers als gevolg van klimaatsverandering behouden worden en kunnen ook meer kritische soorten zich gaan vestigen.

Zolang het hydrologische systeem onvoldoende op orde is, is het afplaggen van de veraarde veenlaag in de westelijke laagte geen goede optie. Want zolang het hydrologische systeem niet wordt hersteld zal het probleem van de hier relatief sterke wegzijging via de stagnerende laag naar de zandondergrond, en dus ook het probleem van het in dit deelgebied extra snel en ver wegzakken van de grondwaterstand in de zomer aanwezig blijven. Dit betekent dat hier bij het afplaggen van de toplaag Pijpenstrootje naar verwachting weer snel de overhand zal krijgen.

Voor het optimaal herstellen / ontwikkelen van gradiënten is het belangrijk om de flanken van de laagten ver genoeg mee te plaggen en daar waar nodig ook de dekzandruggen mee te plaggen. Dit zogenaamd reliëfvolgend te plaggen is niet alleen van belang voor een goed herstel van de gradiënt van vochtige naar droge heide, maar ook ook voor een beter herstel van dekzandruggen als lokale voedingsgebieden, vanwege het geringere verdampingsverlies van schrale heide-vegetaties ten opzichte van de veel productievere Pijpenstrootje- of andere grasachtige vegetaties.

Ook is het raadzaam om de nog aanwezige slootrestanten op de grens van de zuidelijke buffer en het heiderestant te dempen, aangezien deze restanten de flanken van enkele laagten aansnijden, en zodoende een licht negatief effect op het functioneren van deze laagten kunnen hebben. Herstel van de dekzandruggen en laagten in de geëgaliseerde zuidelijke buffer is niet strikt noodzakelijk voor herstel van het lokale hydrologische systeem: ondanks de afvlakking van de ruggen kan hier (ook indien de buffer aan de zuidzijde wordt verbreed) in de winter voldoende opbolling van de grondwaterspiegel plaatsvinden om de voedende functie te kunnen vervullen.

Aangezien de bijdrage van het hoge verdampingsverlies van bos (t.o.v. heide) aan het verdrogingsprobleem in dit gebied marginaal is, is het niet zinvol om in de voedingsgebieden van de centrale laagte en de oostelijke laagte bos te verwijderen en deze gebieden om te vormen in heide. Ook vanwege de ecologische waarden van het bos (aanwezigheid dassenburcht en vogels die aan het bos en struweel zijn gebonden) en vanuit de klimaatdoelstellingen is het verwijderen van bos onwenselijk.

Literatuur

Bor, M., 2018. Modelaanpassingen MPWA3.0 voor effectberekeningen PAS-maatregelen Wierdense Veld. Tauw, Utrecht.

Buro Bakker, 2004. Vegetatiekartering van het object L.E. Daarle 2002. Buro bakker, Assen.

Ebbers G. en R. Visschers, 1983. Bodemkaart van Nederland, 1:50000. Blad 28 West Almelo. Stiboka, Wageningen.

Goeij de, A.A.M., 2011. Vegetatie- en soortenkartering Daarle 2008. Natuurbalans – Limes Divergens.

Goes, van der & Groot, 2017. Broedvogels van Daarle, Hengevelde, Voltherbroek en Agelerbroek - Inventarisatie 2017. In opdracht van Staatsbosbeheer.

Provincie Overijssel, 2017. Gebiedsdossiers drinkwaterwinningen Overijssel - Deel 2: Gebiedsdossier Hoge Hexel.

Staatsbosbeheer, 1993. Verkort beheersplan L.E. Daarle voor de periode 1994-1998 deelobject Bruine Veld.

Staatsbosbeheer, 2010. Interne kwaliteitsbeoordeling 2010. Object: L.E. Daarle.

TNO-GDN, 2021 Regis II, v2.2.

TNO-GDN, 2021 Stratigrafische Nomenclator van Nederland.

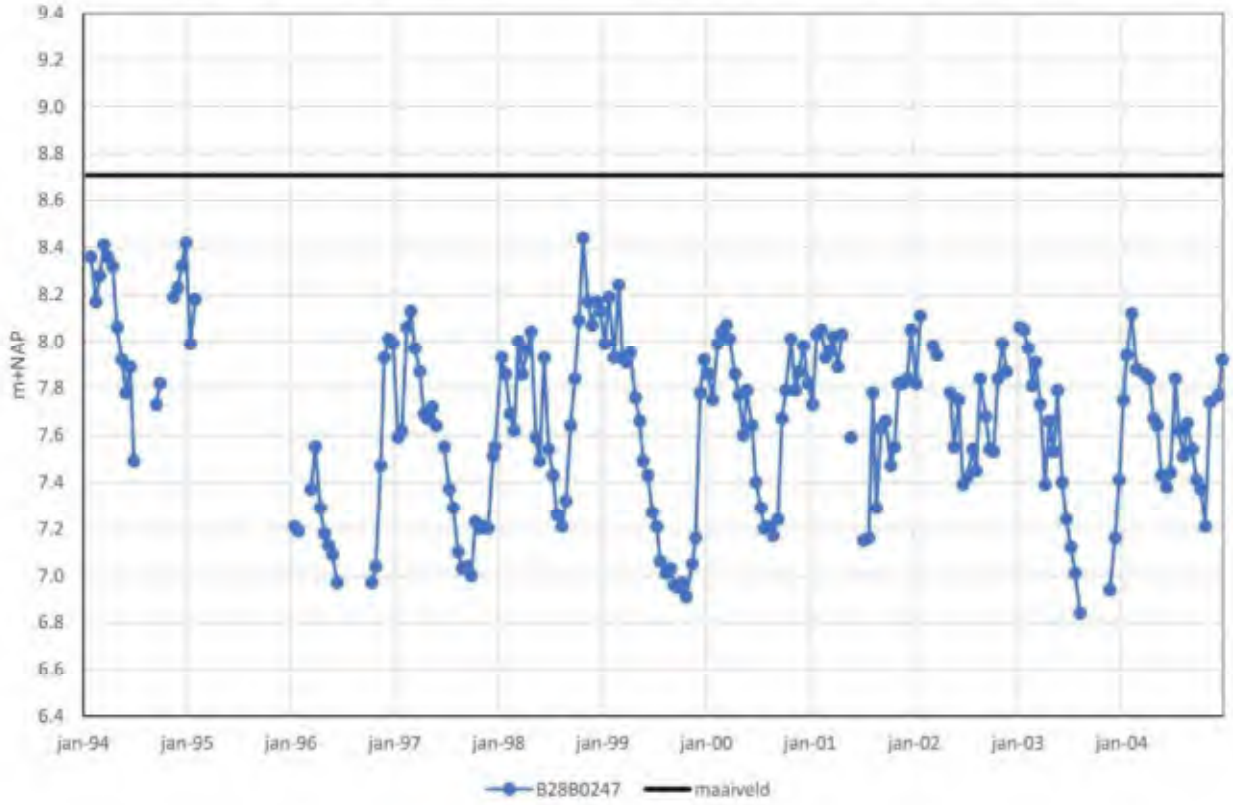
Tolman M.E. en D.P. Pranger, 2018. Florakartering Agelerbroek en zes andere gebieden in Twente 2017, EGG-P&T ecologen.

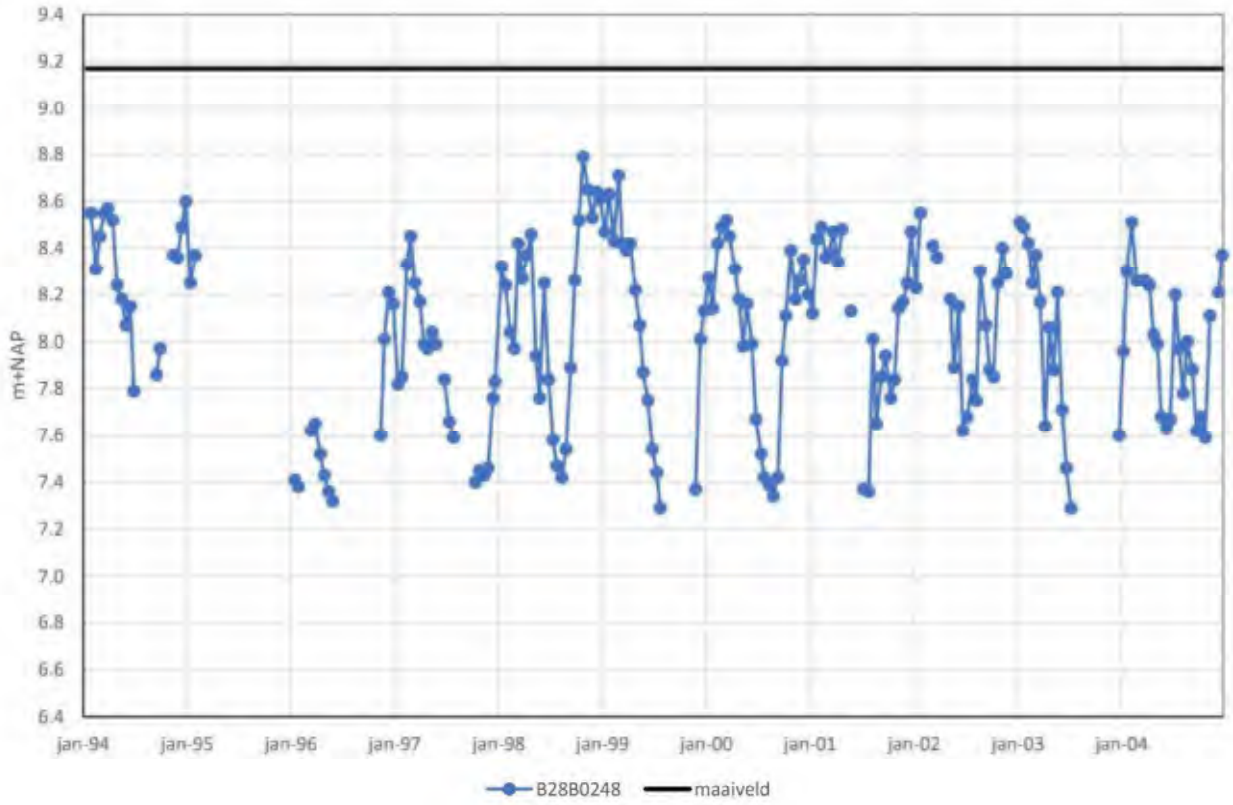
Vereniging Onderzoek Flora en Fauna (kortweg VOFF), 2006. Beleidsmonitoring OBN-fauna 2006. In opdracht van Staatsbosbeheer.

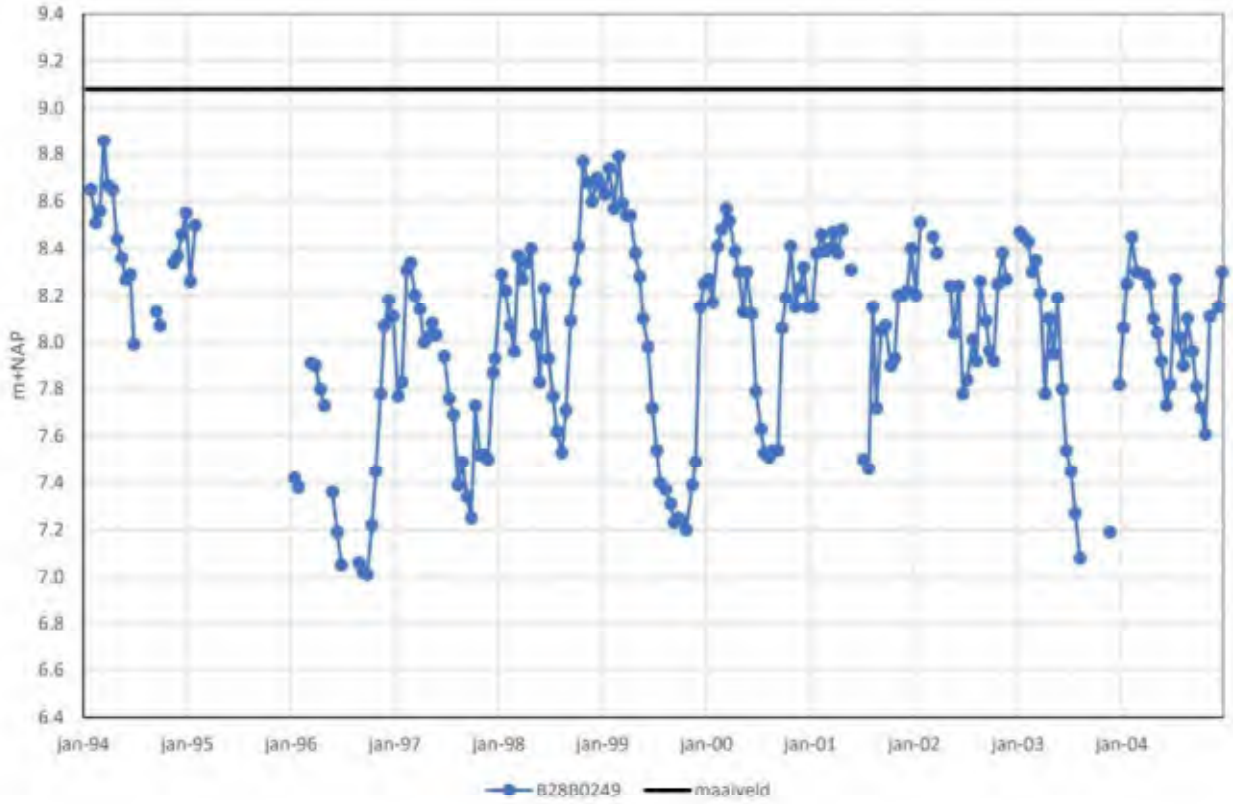
Overzicht bijlagen

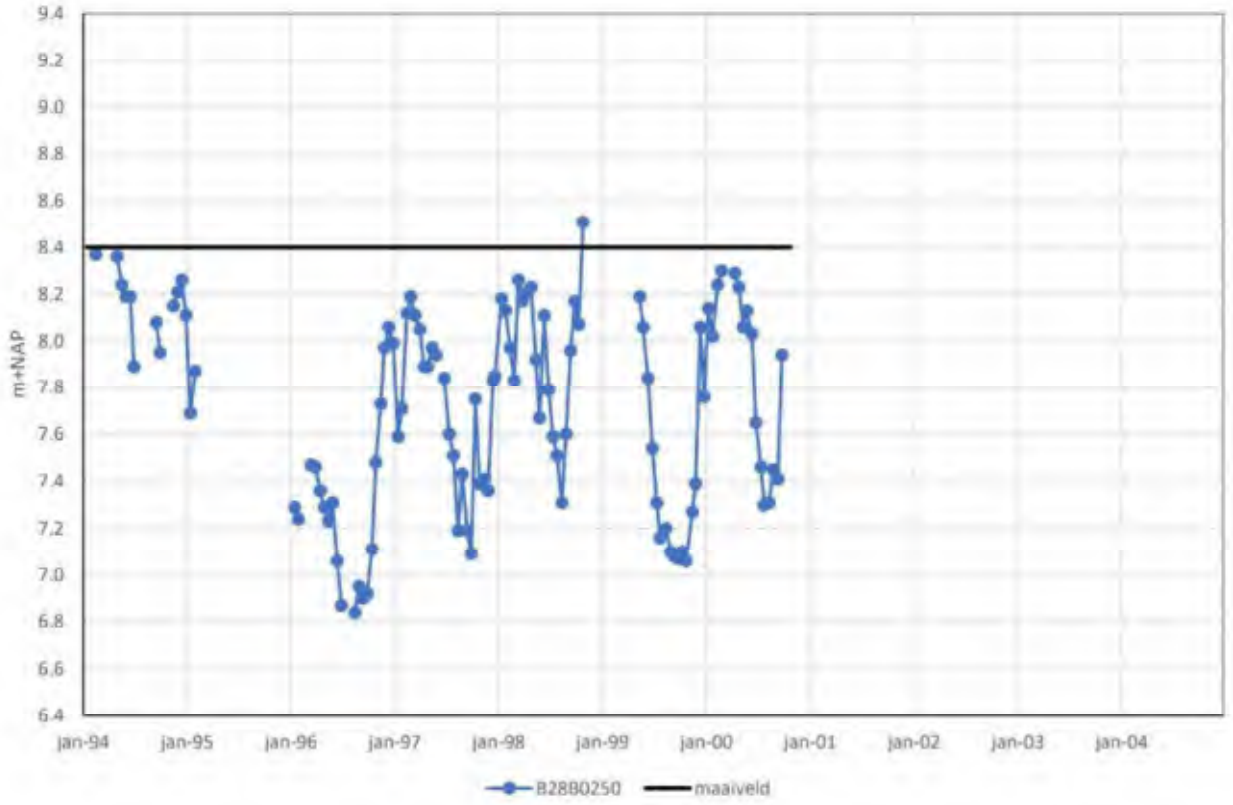
1	Grafieken grondwaterstandsverloop
2	Resultaten tijdreeksanalyse met behulp van Menyanthes
3	Boorbeschrijvingen tijdelijke peilbuizen en aanvullende boringen
4	Technische gegevens en waargenomen waterstanden tijdelijke meetnet
5	Resultaten pH en EGV-metingen in boorgaten
6	Analyseresultaten hydrochemisch onderzoek (mg/l)
7	B-WARE rapport hydro- en bodemchemisch onderzoek Bruine Veld
8	Vegetatietypologie behorende bij de vegetatiekaart van het Bruine Veld in 2008

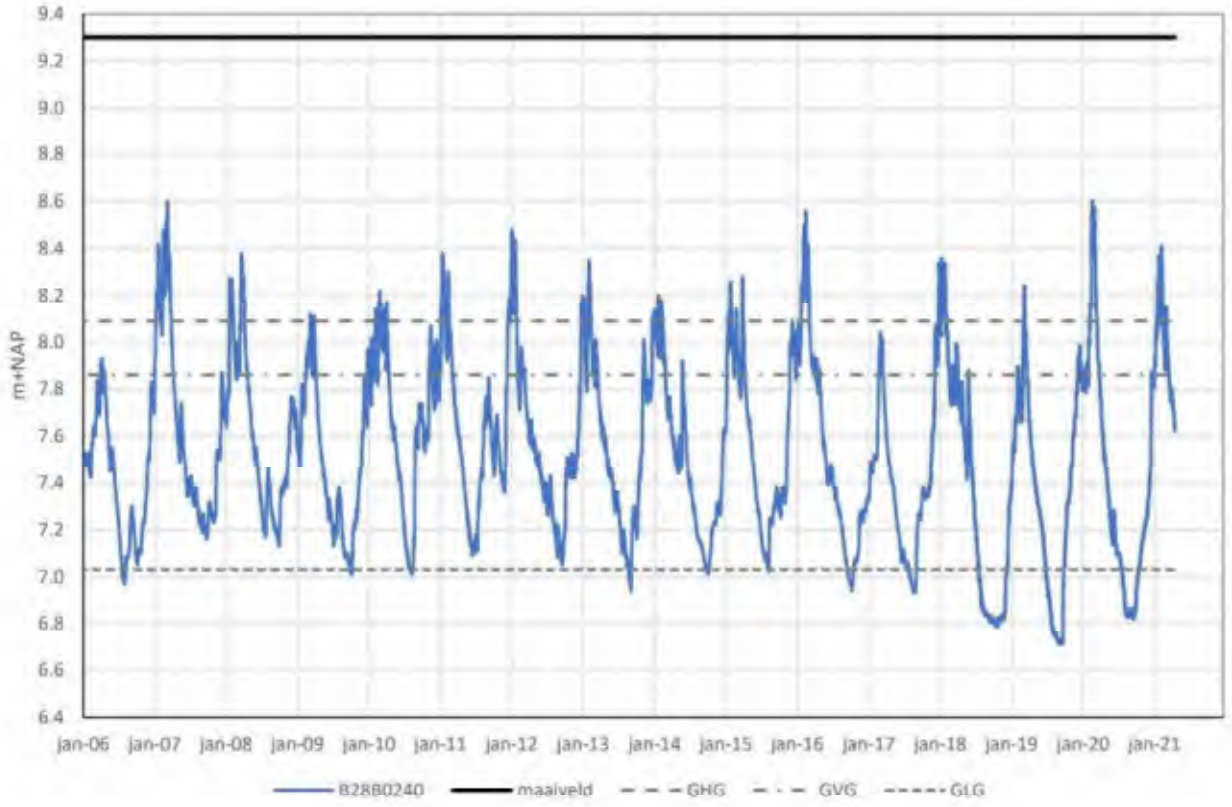
Bijlage 1 Grafieken van het grondwaterstandsverloop in het oude hydrologisch meetnet van het Bruine Veld en van peilbuis B28B0240 tbv bepaling representiviteit van de veldmetingen






9.4
9.2
9.0
8.8
8.6
8.4
8.2
8.0
7.8
7.6
7.4
7.2
7.0
6.8
6.6
6.4
m+NAP
jan-94
jan-95
jan-96
jan-97
jan-98
jan-99
jan-00
jan-01
jan-02
jan-03
jan-04
B28B0249
maaiveld


9.4
9.2
9.0
8.8
8.6
8.4
8.2
8.0
7.8
7.6
7.4
7.2
7.0
6.8
6.6
6.4
m+NAP
jan-94
jan-95
jan-96
jan-97
jan-98
jan-99
jan-00
jan-01
jan-02
jan-03
jan-04
B28B0250
maaiveld


9.4
9.2
9.0
8.8
8.6
8.4
8.2
8.0
7.8
7.6
7.4
7.2
7.0
6.8
6.6
6.4
m+NAP
jan-06
jan-07
jan-08
jan-09
jan-10
jan-11
jan-12
jan-13
jan-14
jan-15
jan-16
jan-17
jan-18
jan-19
jan-20
jan-21
B28B0240
maaiveld
GHG
GVG
GLG

Bijlage 2 Resultaten tijdreeksanalyse - statistieken

Menyanthes, lineair model, met neerslag (Vroomshoop) en verdamping (Twenthe) als verklarende factoren

	EVP	MAE	RMSE	RMSI	DrainageBase	PrecM0	PrecM0Std	PrecMu	PrecMuStd	EvapFctr	EvapFctrStd	Toename	stap	std
	[%]	[m]	[m]	[m]	[m+NAP]	[dag]	[dag]	[dag]	[dag]	[-]	[-]	EVP [%]	(m)	(m)
B28B0247_1	82	0.13	0.16	0.12	7.45	411	27	118	14	1.31	0.11			
B28B0247_1 stap 1 okt 2000	83	0.12	0.15	0.12	7.44	410	26	119	14	1.35	0.11	1	0.08	0.02
B28B0248_1	77	0.14	0.18	0.14	7.82	443	34	126	17	1.39	0.12			
B28B0248_1 stap 1 okt 2000	81	0.13	0.16	0.13	7.80	445	31	127	16	1.47	0.12	4	0.15	0.02
B28B0249_1	84	0.13	0.16	0.12	7.76	534	30	147	15	1.29	0.10			
B28B0249_1 stap 1 okt 2000	86	0.12	0.15	0.12	7.76	522	28	145	14	1.35	0.09	2	0.12	0.02
B28B0250_1	78	0.16	0.20	0.18	7.55	538	42	133	15	1.29	0.17			

Bijlage 3 Boorbeschrijvingen tijdelijke peilbuizen Bruine Veld

tpb1 x=234023 y=491934 mv=10,56m+NAP
vegetatie: open plek in bos (jonge eiken) met gras en brem

cm -mv	beschrijving
0-20	zand, zeer fijn, humeus
20-190	zand, zeer fijn, beige-bruin
190-400	zand, zeer fijn, beige-wit, kalkloos
400-420	zand, zeer grof, grind, roest, kalkloos
420-435	leem, zandig, enkele grindjes, roest, kalkloos

tpb2 x=233911 y=491960 mv=8,70m+NAP
vegetatie: pijpenstrootje, bruine snavelbies, waternavel, zonnedauw

cm -mv	beschrijving
0-2	zand, sterk humeus (licht verkit)
2-20	zand, zeer fijn, zwak-lemig, bruin
20-120	zand, zeer fijn, beige tot beige-grijs
120-150	zand, matig fijn / matig grof, met grind, lichtgrijs
150-200	zand, zeer grof, met grind, lichtgrijs
200-330	zand, matig fijn, enkele grove korrels, grijs
330-335	leem, grijs
335-370	zand, matig grof, grijs
370-375	leem, grijs
375-425	zand, matig grof, grijs
425-435	leem, grijs

tpb3 x=233792 y=492001 mv=8,76m+NAP
vegetatie: grasland met braam langs houtsingel

cm -mv	beschrijving
0-30	zand, zeer fijn, zwak humeus
30-40	zand, zeer fijn, zeer humeus
40-180	zand, zeer fijn, zwak roest, beige/beige-grijs
180-300	zand, zeer fijn, sterk lemig, grijs, kalkloos
300-370	zand, matig grof, grijs, kalkloos
370-500	zand, zeer grof. Met grind, grijs, kalkloos

tpb4 x=233754 y=491777 mv=9,50m+NAP
vegetatie: openplek in bos, grasland

cm -mv	beschrijving
0-20	zand, zeer fijn, zwak humeus
20-30	zand. zeer fijn, bont, mix humeus en humusarm
30-70	zand, zeer fijn, ijzerrijk, koffiebruin
70-100	zand, zeer fijn, zwak humeus, ijzerrijk, koffiebruin
100-220	zand, zeer fijn, beige
220-300	zand, zeer fijn, enkele grove korrels, beige bruin
300-530	zand, matig fijn, enkele grindjes, grove korrels, grijs, kalkloos

tpb5 x=233689 y=491839 mv=8,17m+NAP
vegetatie: uitsluitend pijpenstrootje

cm -mv	beschrijving
0-22	veen, sterk veraard
22-27	gliede(achtig)
27-70	zand, zeer fijn, zwak lemig, lichtbeige (geen humusinspoeling)
70-100	zand, zeer fijn, licht beige/grijs
100-120	zand, matig fijn, beige/grijs
120-170	zand, matig fijn / matig grof, grove korrels en grindjes, beige grijs
170-200	zand, matig fijn, grove korrels en grindjes, beige grijs
200-430	zand, matig fijn, grijs, kalkloos

tpb6	x=233594 y=491871 mv=9,18m+NAP
vegetatie:	grasland
cm -mv	**beschrijving**
0-30	zand, zeer fijn, zwak humeus
30-40	zand, zeer fijn, sterk humeus (inspoeling)
40-70	zand, zeer fijn, zeer zwak humeus, oranje-bruin
70-170	zand, zeer fijn, beige
170-250	zand, matig fijn, grove korrels en grindjes, licht beige
250-300	zand, zeer fijn, grijs, kalkloos
300-350	zand, zeer fijn, humeus, sterk lemig, grijs, kalkloos

tpb7	x=233533 y=491886 mv=8,17m+NAP
vegetatie:	
cm -mv	**beschrijving**
0-10	zand, sterk humeus, verkit
10-30	zand, zeer fijn, oranje bruin, ijzerrijk
30-150	zand, zeer fijn, beige
150-180	zand, matig fijn, enkele grindjes, grove korrels, beige grijs
180-200	zand, zeer fijn, sterk lemig, grijs, kalkloos

tpb8	x=233492 y=491907 mv=8,60m+NAP
vegetatie:	grasland met braamstruweel
cm -mv	**beschrijving**
0-20	zand, zeer fijn, zwak humeus
20-40	zand, zeer fijn, sterk humeus (inspoeling)
40-60	zand, zeer fijn, oranje bruin
60-150	zand, zeer fijn, beige
150-245	zand, matig fijn, grindjes en grove korrels, beige grijs
245-255	leem, venig, grijs
255-350	zand, zeer fijn, sterk lemig, venig, grijs, kalkloos
350-450	zand, matig fijn, grijs, kalkloos
450-500	zand, matig grof, kalkrijk

tpb9	x=233447 y=491747 mv=8,67m+NAP
vegetatie:	pijpenstrootje, berkjesopslag, enkele exemplaren dophei
cm -mv	**beschrijving**
0-30	veen, sterk veraard
30-40	zand, sterk humeus, verkit
40-50	zand, zwak humeus, verkit, ijzerrijk
50-130	zand, matig fijn, oranje bruin
130-185	zand, matig fijn, met grove fractie en grindjes
185-200	leem, zandig, grijs

Bijlage 3 Boorbeschrijvingen boorgaten Bruine Veld

Bo1	x=233378 y=491807 mv=8,82m+NAP
vegetatie:	pijpenstrootje
cm -mv	**beschrijving**
0-50	zand, zeer fijn, sterk humeus, donker grijs-bruin
50-100	zand, zeer fijn, roest, roodbruin, weerstand?
100-200	zand, zeer fijn, zwak lemig, af en toe een grindje met onderin grotere steentjes, licht bruin
200-210	zand, zeer fijn, zeer zwak lemig, grindjes , licht bruin

Bo2	x=233429 y=491790 mv=9,14m+NAP
vegetatie:	pijpenstrootje
cm -mv	**beschrijving**
0-10	zand, zeer fijn, sterk humeus, donker grijs-bruin
10-30	zand, zeer fijn, lichtgrijs
30-45	zand, zeer fijn, sterk humeus, donker bruin
45-70	zand, zeer fijn, sterk humeus, donker bruin, roest
70-80	zand, zeer fijn, humeus, bruin
80-180	zand, zeer tot matig fijn, licht bruin
180-200	zand, zeer fijn, zeer zwak lemig, licht bruin

Bo3	x=233429 y=491681 mv=8,82m+NAP
vegetatie:	grasland
cm -mv	**beschrijving**
0-5	zand, zeer fijn, sterk humeus, donker grijs-bruin
5-20	zand, zeer fijn, matig humeus, roest, bruin
20-40	zand, zeer fijn, bont, licht bruin met af en toe humeuse stukken
40-60	zand, zeer fijn, sterk humeus, moerig, donker bruin
60-85	zand, zeer fijn, licht grijs/bruin
85-125	zand, zeer fijn, humeus, donker bruin
125-150	zand, zeer fijn, zwak lemig, licht grijs
150-200	zand, matig fijn, zwak.matig lemig, af en toe een grindje, licht grijs

Bo4	x=233574 y=491722 mv=9,15m+NAP
vegetatie:	open plek in bos, grasland
cm -mv	**beschrijving**
0-25	zand, matig fijn, matig humeus, licht grijs-bruin
25-45	zand, zeer tot matig fijn, humeus, donker bruin
45-80	zand, zeer fijn, humeus, bruin
80-90	zand, zeer fijn, humeus, grindjes, bruin
90-145	zand, zeer fijn, zwak lemig, licht grijs/bruin
145-190	zand, matig fijn, zwak lemig, grindjes, licht grijs/bruin

Bo5	x=233561 y=491774 mv=9,23m+NAP
vegetatie:	pijpenstrootje
cm -mv	**beschrijving**
0-5	zand, zeer fijn, humeus, donker-bruin
5-10	zand, zeer fijn, bruin
10-15	zand, zeer fijn, sterk humeus, donker bruin
15-20	zand, zeer fijn, humeus, roest, verkit, rood
20-80	zand, zeer fijn, humeus, zwak lemig, donker bruin
80-120	zand, zeer tot matig fijn, lemig, bruin-licht bruin
120-180	zand, zeer fijn, met grindjes, zeer zwak lemig, licht bruin
180-210	zand, matig fijn, veel grindjes, zwak lemig, licht bruin

Bo6	x=233479 y=491830 mv=9,11m+NAP
vegetatie:	pijpenstrootje
cm -mv	**beschrijving**
0-80	zand, zeer tot matig fijn, sterk humeus, donker-grijs/zwart
80-95	zand, zeer tot matig fijn, donker-bruin
95-105	zand, zeer fijn,roest, roodbruin, weerstand
105-150	zand, zeer fijn, humeus, roest, roodbruin
150-190	zand, zeer fijn, grindjes, licht bruin
190-200	zand, matig fijn, licht bruin

Bo7	x=233571 y=491924 mv=8,76m+NAP
vegetatie:	
cm -mv	**beschrijving**
0-70	zand, zeer fijn, sterk humeus, donker-grijs/bruin, scherpe overgang naar
70-150	zand, zeer fijn, zeer zwak lemig, licht bruin
150-180	zand, zeer fijn, zwak lemig, licht bruin
180-200	zand, zeer fijn, zwak lemig, grindjes, licht bruin

Bo8	x=233702 y=491924 mv=8,76m+NAP
vegetatie:	
cm -mv	**beschrijving**
0-5	zand, zeer fijn, sterk humeus, donker-grijs/zwart
5-20	zand, zeer fijn, zeer sterk humeus, zwart
20-40	zand, zeer fijn, ijzer, roest, rood bruin
40-70	zand, zeer fijn, ijzer, roest, bruin
70-210	zand, zeer fijn, licht bruin

Bo9	x=233837 y=491963 mv=9,34m+NAP
vegetatie:	
cm -mv	**beschrijving**
0-30	zand, zeer fijn, sterk humeus, donker-grijs/zwart
30-50	zand, zeer fijn, ijzer-rijk, bruin
50-100	zand, zeer fijn, zeer zwak lemig, licht bruin
100-200	zand, zeer fijn, af en toe een grindje, grijs

Bo10	x=233849 y=491898 mv=9,64m+NAP
vegetatie:	pijpenstrootje
cm -mv	**beschrijving**
0-20	zand, zeer fijn, humeus, donker-bruin/zwart
20-30	zand, zeer fijn, roodbruin
30-200	zand, zeer fijn, zwak lemig, roest spoor, licht bruin

Bo11	x=233879 y=491804 mv=9,29m+NAP
vegetatie:	open plek in bos, grasland
cm -mv	**beschrijving**
0-25	zand, zeer fijn, humeus, donker bruin, scherpe overgang naar
25-75	zand, zeer fijn, zeer zwak lemig, licht bruin
75-100	veen en leem, gelaagd, laagjes van 5 cm dikte, donker bruin
100-160	zand, zeer fijn, zeer zwak lemig, licht bruin
160-190	zand, matig fijn, steentjes, licht bruin
190-200	zand, matig fijn, steentjes,grijs

Bo12	x=233988 y=491860 mv=9,54m+NAP
vegetatie:	open plek in bos, grasland
cm -mv	**beschrijving**
0-20	zand, zeer fijn, humeus, donker bruin/zwart
20-70	zand, zeer fijn, licht bruin
70-75	veen
75-90	zand, zeer fijn, licht bruin
90-160	zand, zeer fijn, licht grijs
160-190	leem, groen-grijs, zandig (keileem)
190-200	zand, zeer fijn, groen-grijs

Bo13	x=233999 y=492020 mv=10,75m+NAP
vegetatie:	open plek in bos
cm -mv	**beschrijving**
0-30	zand, zeer fijn, matig humeus, bruin
30-200	zand, zeer fijn, bruin
200-220	zand, matig fijn, zeer zwak lemig, bruin

Bo14	x=233890 y=492028 mv=9,53m+NAP
vegetatie:	
cm -mv	**beschrijving**
0-10	zand, zeer fijn, matig humeus, donker grijs
10-35	zand, zeer fijn, humeus, donker bruin
35-180	zand, zeer fijn, zeer zwak lemig, licht bruin/grijs
180-185	zand, matig lemig
185-210	zand, zeer fijn, grijs

Bo15	x=233771 y=492159 mv= 9,27m+NAP
vegetatie:	bosrand
cm -mv	**beschrijving**
0-20	zand, zeer fijn, sterk humeus, donker bruin/zwart
20-70	zand, zeer fijn, matig humeus, bont, donker bruin en lichter stukken, geroerd
70-90	zand, zeer fijn, humeuse bandjes, licht bruin
90-92	leem, moerig
92-170	zand, zeer fijn, zwak lemig, licht bruin
170-220	zand, matig fijn, grindjes, licht bruin/grijs

Bo16	x=233887 y=492201 mv=10,23
vegetatie:	in droge sloot tussen bos en akker
cm -mv	**beschrijving**
0-30	zand, zeer fijn, matig humeus
30-140	zand, zeer fijn, ijzer, roest, oranje/geel
140-220	zand, zeer fijn, licht bruin

Bijlage 4 Technische gegevens tijdelijke peilbuizen en oppervlaktewatermeetpunten Bruine Veld en waarnemingen (grond)waterstanden

code	x	y	maaiveld (m+NAP)	referentie hoogte (m+NAP)	lengtebuis (m)	bovenkant filter (m+NAP)	onderkant filter (m+NAP)	gws tov NAP 25-8-2020	gws tov NAP 9-11-2020	gws tov NAP 5-2-2021	gws tov NAP 5-3-2021
tpb1	234020	491934	10.56	11.17	4.85	6.82	6.32	8.01	7.97	9.23	9.25
tpb2_1	233911	491964	8.70		0.85			D	D afgebroken	onderwater	onderwater
tpb2_2	233911	491964	8.70	9.23	4.79	4.94	4.44	7.59	7.91	8.91	8.77
tpb3_1	233793	492006	8.76	9.36	2.49	7.37	6.87	7.14	7.58	8.50	8.25
tpb3_2	233793	492006	8.76	9.35	5.40	4.45	3.95	7.15	7.60	8.42	8.20
tpb4	233754	491777	9.50	10.00	5.46	5.04	4.54	7.23	7.48	8.67	8.39
tpb5_1	233690	491841	8.17		0.68			D	D afgebroken	onderwater	onderwater
tpb5_2	233690	491841	8.17	8.52	4.37	4.65	4.15	7.02	7.40	8.33	8.29
tpb6	233597	491873	9.18	9.66	3.47	6.69	6.19	7.00	7.38	8.34	8.16
tpb7_1	233535	491886	8.17	8.76	0.73	8.23	8.03	D	dop zit vast	water te diep	8.56
tpb7_2	233535	491886	8.17	8.63	2.44	6.69	6.19	6.95	7.36	water te diep	7.98
tpb8_1	233495	491908	8.60	9.15	2.55	7.10	6.60	6.88	7.32	8.31	8.05
tpb8_2	233495	491908	8.60	9.10	5.48	4.12	3.62	6.93	7.37	8.25	7.92
tpb9_1	233450	491747	8.67	9.21	0.84	8.57	8.37	D	D	8.77	8.74
tpb9_2	233450	491747	8.67	9.13	2.51	7.12	6.62	7.01	7.38	8.20	7.93
tpb10	233663	491854			0.71			D	D afgebroken	onderwater	onderwater

code	x	y	maaiveld (m+NAP)	referentie hoogte (m+NAP)		beschrijving		ows tov NAP 25-8-2020	ows tov NAP 9-11-2020	ows tov NAP 5-2-2021	ows tov NAP 5-3-2021
tp2	233911	491964	8.70	9.23		= tpb2_2		D	D	niet gemeten	8.81
tp5	233690	491841	8.17			= tpb5_2		D	D	niet gemeten	8.32
tp7	233535	491886	8.17	8.63		= tpb7_2		D	8.25	water te diep	8.55
tp9	233450	491747	8.67			= tpb9_2		D	D	niet gemeten	8.78
tp10	233663	491854				= tpb10		D	D afgebroken	onderwater	onderwater
tp11	233868	491995	8.31	8.97		piket		8.47	8.49	water te diep	8.82
tp12	233409	491641		8.45		duiker_ben		8.45	7.18	7.35	7.23
tp13	234068	491722		9.45		duiker_ben		D	D	8.27	8.24
tp14	233175	492188		7.51		duiker_ben		D	7.21	niet gemeten	7.21
tp15	233356	492257		7.64		duiker_ben		D	7.34	niet gemeten	7.30

code	x	y	maaiveld (m+NAP)	referentie hoogte (m+NAP)	lengtebuis (m)	bovenkant filter (m+NAP)	onderkant filter (m+NAP)	gws tov mv 25-8-2020	gws tov mv 9-11-2020	gws tov mv 5-2-2021	gws tov mv 5-3-2021
tpb1	234020	491934	10.56	11.17	4.85	6.82	6.32	2.54	2.58	1.32	1.30
tpb2_1	233911	491964	8.70		0.85			D	D afgebroken	onderwater	onderwater
tpb2_2	233911	491964	8.70	9.23	4.79	4.94	4.44	1.11	0.79	-0.21	-0.07
tpb3_1	233793	492006	8.76	9.36	2.49	7.37	6.87	1.62	1.18	0.26	0.51
tpb3_2	233793	492006	8.76	9.35	5.40	4.45	3.95	1.61	1.16	0.34	0.56
tpb4	233754	491777	9.50	10.00	5.46	5.04	4.54	2.27	2.02	0.83	1.11
tpb5_1	233690	491841	8.17		0.68			D	D afgebroken	onderwater	onderwater
tpb5_2	233690	491841	8.17	8.52	4.37	4.65	4.15	1.15	0.77	-0.16	-0.12
tpb6	233597	491873	9.18	9.66	3.47	6.69	6.19	2.18	1.80	0.84	1.02
tpb7_1	233535	491886	8.17	8.76	0.73	8.23	8.03	D	dop zit vast	water te diep	-0.39
tpb7_2	233535	491886	8.17	8.63	2.44	6.69	6.19	1.23	0.82	water te diep	0.20
tpb8_1	233495	491908	8.60	9.15	2.55	7.10	6.60	1.72	1.28	0.29	0.55
tpb8_2	233495	491908	8.60	9.10	5.48	4.12	3.62	1.68	1.24	0.36	0.69
tpb9_1	233450	491747	8.67	9.21	0.84	8.57	8.37	D	D	-0.11	-0.08
tpb9_2	233450	491747	8.67	9.13	2.51	7.12	6.62	1.65	1.28	0.46	0.73
tpb10	233663	491854			0.71			D	D afgebroken	onderwater	onderwater

code	x	y	maaiveld (m+NAP)	referentie hoogte (m+NAP)		beschrijving		ows tov mv 25-8-2020	ows tov mv 9-11-2020	ows tov mv 5-2-2021	ows tov mv 5-3-2021
tp2	233911	491964	8.70	9.23		= tpb2_2		D	D	niet gemeten	-0.11
tp5	233690	491841	8.17			= tpb5_2		D	D	niet gemeten	-0.15
tp7	233535	491886	8.17	8.63		= tpb7_2		D	-0.07	water te diep	-0.38
tp9	233450	491747	8.67			= tpb9_2		D	D	niet gemeten	-0.11
tp10	233663	491854				= tpb10		D	D afgebroken	onderwater	onderwater
tp11	233868	491995	8.31	8.97		piket		-0.16	-0.18	water te diep	-0.51
tp12	233409	491641		8.45		duiker_ben					
tp13	234068	491722		9.45		duiker_ben		D	D		
tp14	233175	492188		7.51		duiker_ben		D		niet gemeten	
tp15	233356	492257		7.64		duiker_ben		D		niet gemeten	

Bijlage 5 Resultaten metingen boorgaten op 5 maart 2021

Boorgat	x	y	mv (m+NAP)	gws (m+NAP)	EGV	pH
Bo1	233378	491807	8.82	8.31	97	6.0
Bo2	233429	491790	9.14	8.30	85	5.0
Bo3	233429	491681	8.82	7.86	88	5.5
Bo4	233574	491722	9.15	8.40	46	6.0
Bo5	233561	491774	9.23	8.34	44	6.0
Bo6	233479	491830	9.11	8.49	61	6.0
Bo7	233571	491924	8.76	8.08	48	6.0
Bo8	233702	491909	9.12	8.33	47	6.0
Bo9	233837	491963	9.34	8.67	87	6.0
Bo10	233849	491898	9.64	8.89	53	6.0
Bo11	233879	491804	9.29	8.76	308	6.0
Bo12	233988	491860	9.54	9.02	20	5.5
Bo13	233999	492020	10.75	9.13		
Bo14	233890	492028	9.53	8.84	23	6.0
Bo15	233771	492159	9.27	8.57	168	6.0
Bo16	233887	492201	10.23	8.78		

Bijlage 6 Analyseresultaten hydrochemie 9 maart 2021 (B-WARE)

Code watermonster	meetpunt	Type	pH	Alk	EGV	Turb	CO_2 (mg/l)	HCO_3 (mg/l)	Al (mg/l)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)	Mg (mg/l)	P (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO3-N (mg/l)	NH4 (mg/l)	NH4-N (mg/l)	PO4 (mg/l)	PO4-P (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Cl (mg/l)
BV3	tp11	ow	5.6	0.1	34	20	6	2	0	1	0	1	0.1	3	0.1	0.0	0.2	0.2	0.1	0.0	3.4	4.1	2
BV9	tp10	ow	5.7	0.2	40	15	6	2	0	2	0	1	0.1	4	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	2.9	4.3	6
BV13	tp7	ow	5.6	0.1	40	16	5	1	0	1	0	1	0.2	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	3.1	7.2	6
BV16	sloot	ow	6.3	1.7	324	21	79	88	0	43	5	6	0.2	39	7.2	1.6	0.6	0.5	0.1	0.0	14.3	7.6	29
BV1	tpb1	pb	4.8	-	155	-	41	1	0	6	0	2	0.0	12	4.1	0.9	0.1	0.0	-	-	0.6	0.8	38
BV2	tpb2_2	pb	5.7	-	104	-	74	22	1	9	5	1	0.1	10	0.0	0.0	0.5	0.4	-	-	8.8	1.5	11
BV4	tpb3_2	pb	5.5	-	101	-	117	23	0	11	4	3	0.1	16	0.0	0.0	0.3	0.2	-	-	3.9	1.3	6
BV5	tpb2_1	pb	4.3	-	117	-	46	0	3	2	1	1	0.1	12	0.1	0.0	0.1	0.1	-	-	11.4	2.9	26
BV6	tpb4	pb	5.4	-	64	-	53	7	1	4	1	1	0.1	8	1.8	0.4	1.3	1.0	-	-	4.5	2.1	5
BV7	tpb3_1	pb	5.1	-	133	-	35	4	1	16	0	2	0.0	15	30.4	6.9	0.1	0.1	-	-	5.4	0.8	7
BV8	tpb5_2	pb	5.8	-	79	-	68	25	1	7	2	2	0.2	5	0.0	0.0	1.1	0.9	-	-	6.4	1.4	6
BV10	w206	pb	3.9	-	180	-	43	0	2	2	1	1	0.1	8	7.1	1.6	0.7	0.5	-	-	5.3	1.8	9
BV11	tpb6	pb	5.5	-	75	-	63	10	4	12	3	2	0.2	9	0.7	0.1	0.1	0.1	-	-	3.9	2.4	7
BV12	tpb7_2	pb	5.5	-	137	-	174	34	2	15	2	2	0.1	2	0.0	0.0	1.5	1.1	-	-	7.9	3.5	25
BV14	tpb8_2	pb	6.7	-	374	-	74	221	1	73	3	4	0.1	2	0.2	0.0	1.5	1.2	-	-	7.8	1.1	8
BV15	tpb8_1	pb	4.8	-	128	-	110	4	5	17	1	3	0.1	25	3.1	0.7	0.1	0.1	-	-	3.6	0.9	13

Bijlage 7

B-WARE rapport bodem- en hydrochemisch onderzoek Nieuwe Veen en Bruine Veld

ONDERZOEKCENTRUM B ware

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK NIEUWE VEEN & BRUINE VELD

- TOELICHTING BODEMCHEMISCHE RESULTATEN -

- definitieve notitie -

Opdrachtgever: Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau • Auteurs: 5.1.2e, 5.1.2e 5.1.2e & 5.1.2e
• Projectnummer: PR-20.125 • Rapportnummer: RP-20.125.21.50
Datum: 06-11-2021

Titel rapport:
Notitie bodem- en hydrochemisch onderzoek Nieuwe Veen & Bruine Veld - toelichting bodemchemische resultaten -

Auteurs:
5.1.2e, 5.1.2e & 5.1.2e

Rapportnummer: 20.125.21.50

Opdrachtgever:
Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:
5.1.2e
Tel: 5.1.2e
5.1.2e@b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2021

2. AANLEIDING

Bureau Bell Hullenaar voert een landschapsecologische systeemanalyse (LESA) uit in de gebieden Nieuwe Veen en Bruine Veld. Als onderdeel van deze systeemanalyse voert Onderzoekcentrum B-WARE een hydrochemisch onderzoek uit in beide gebieden en een bodemchemisch onderzoek in het gebied Bruine Veld. Het onderzoek is gericht op de bodemkwaliteit en de waterkwaliteit en de daarmee gepaard gaande potenties voor natuurontwikkeling en natuurherstel.

Figuur 1. Overzicht van de globale ligging van het onderzoeksgebied op een topografische kaart.

In deze notitie worden de bodemchemische resultaten kort besproken en toegelicht. De resultaten van het hydrochemische onderzoek worden niet besproken in deze notitie en zijn alleen in de bijlage opgenomen. Voor algemene informatie omtrent de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden kan de B-WARE folder 'Van landbouw naar natuur' worden geraadpleegd. De toegepaste onderzoeksmethoden worden in de bijlage toegelicht.

3. MATERIAAL EN METHODEN

Op 9 maart 2021 heeft Bureau Bell Hullenaar zelf de bodem, het grondwater en het oppervlaktewater in het gebied bemonsterd. Per locatie zijn de x en y coördinaten genoteerd en bij de bodemmonsterlocaties is ook de aangetroffen vegetatie globaal beschreven. In Figuur 2 worden de monsterlocaties op een topografische kaart weergegeven.

In totaal zijn op 7 locaties bodemmonsters verzameld, dit betreffen 5 referentielocaties en 2 eventueel te ontwikkelen locaties. Op de referentielocaties is alleen de toplaag (0-5/15 cm-mv) bemonsterd. Op de ontwikkelen locaties is op drie dieptes bemonsterd:

- 0-20 cm-mv;
- 20-25 cm-mv;
- 25-35 cm-mv.

De referentielocaties zijn circa 20 jaar geleden (in 2000) geplagd. Het betreft twee laagten: een oostelijke laagte (die inclusief de flanken in zijn geheel is geplagd) en een centraal in het natuurgebied gelegen laagte (waarvan alleen de noordelijke helft inclusief de flanken is geplagd). Ref1, ref2 en ref 3 liggen in de oostelijke laagte en ref4 en ref5 liggen in de noordelijke helft van de centrale laagte van het gebied. Ref1 en ref3 liggen ter plaatse van de flank van de laagte en ref2 ligt in het laagste deel hiervan. Ref4 en Ref5 liggen beide in het lage deel van de betreffende laagte.

Ter plaatse van ref2, ref4 en ref5 is de veraarde veenlaag (van circa 20 cm) die hier voorheen aanwezig was afgeplagd. In principe is hierbij geplagd tot aan de verkitte B-horizont (of moerige zandlaag) aan de basis / op locatie Ref5 is deze laag echter ook afgeplagd. Ter plaatse van de referentielocaties 1 en 3 is de toplaag (samenstelling onbekend) reeds afgeplagd.

In de laagtes is een venachtige situatie ontstaan met soorten uit zure (ref 1-3) en iets meer gebufferde (ref 4-5) omstandigheden. Tijdens het veldbezoek is gebleken dat op de te ontwikkelen locaties vooral veel pijpenstrootje voorkomt. Er wordt overwogen om ook op deze locaties de veraarde veenlaag af te plaggen.

Overwogen wordt om ook de zuidelijke helft van de centrale laagte (met locaties BV1 en BV2) de veraarde veenlaag (van 20 cm) af te plaggen, en daarbij ook hier de flank van de laagte mee te nemen. BV2 ligt daarbij laag en BV1 ligt iets minder laag / meer in de richting van de flank van de laagte.

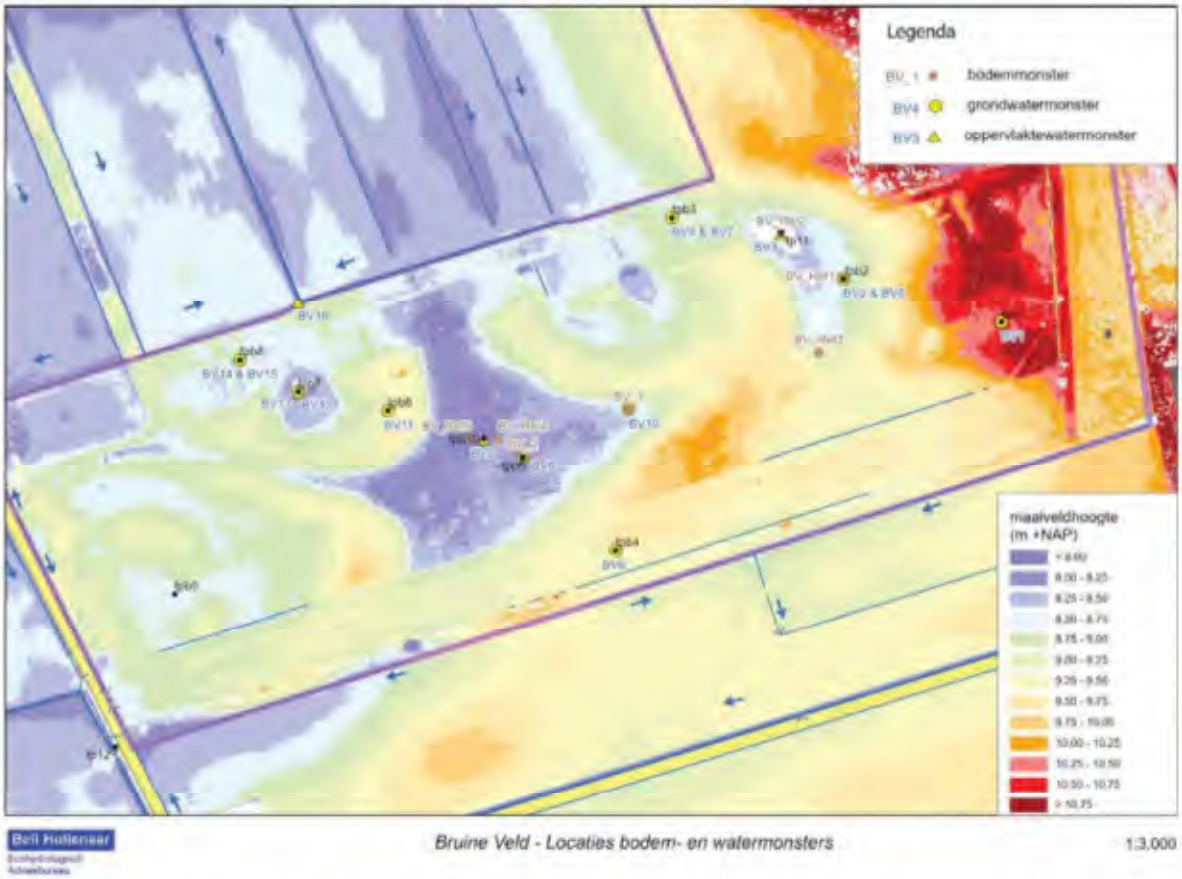
Vraag is daarbij of hier (gezien de bodemchemische omstandigheden) dan een vergelijkbare vegetatie verwacht mag worden als op de referentielocaties en of het vanuit bodemchemisch oogpunt acceptabel om de verkitte B-horizont / moerige zandlaag aan de basis van de veenlaag te laten zitten: deze laag heeft namelijk een weerstandsbiedende werking, maar als er te veel voedingstoffen inzitten, dan zou dit kunnen leiden tot hervestiging van Pijpenstrootje. Als gevolg van droogval is de venige toplaag sterk veraard. Analyses dienen uit te wijzen of deze laag een knelpunt vormt in relatie tot het in sterke mate vrijkomen van voedingstoffen hieruit (en daarmee de ontwikkeling van pijpenstrootje).

Figuur 2. Overzicht van de ligging van de bodem- en watermonsterlocaties in het onderzoeksgebied op een topografische kaart (bron: Bell Hullenaar).

De monsters zijn aangeleverd bij B-WARE en chemisch geanalyseerd. In totaal zijn 11 bodemmonsters, 7 oppervlaktewatermonsters en 42 grondwatermonsters afgeleverd en geanalyseerd door B-WARE. Voor de bodemmonsters werden vervolgens de volgende bodemchemische variabelen bepaald (zie bijlage voor een nadere toelichting):

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid;
- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);
- pH-zout en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. fosfor, ammonium, nitraat, aluminium en calcium.

In deze notitie worden alleen de bodemchemische onderzoeksresultaten besproken. De hydrochemische analyseresultaten worden in Bijlage 3: Hydrochemische resultaten, weergegeven. Op basis van de bodemchemische onderzoeksresultaten wordt aangegeven op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor soortenrijke natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschralingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.



Figuur 3. Overzicht van de ligging van de geanalyseerde bodem- en watermonsterlocaties in het onderzoeksgebied op een hoogtekaart. Bron: Bell Hullenaar.

4. RESULTATEN BODEMCHEMISCH ONDERZOEK

Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P concentratie een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen worden de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (de totaal-P concentratie kan sterk variëren):

- Heide: (<)100-300 µmol/l bodem (totaal-P veelal <2,5-3 mmol/l);
- Nat schraalland: (<)300-500 µmol/l bodem;
- Soortenrijk kruiden- en faunarijk grasland: 900-1200 µmol/l bodem;
- Kruiden- en faunarijk grasland: >1200 µmol/l bodem (mits P-z < 2 µmol/l en nitraat <100-200 µmol/l).

De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem waarvan een (groot) deel op termijn weer beschikbaar kan komen voor planten (zeker bij een verandering van de redoxtoestand van de bodem door het nemen van vernattingsmaatregelen). Vanwege het feit dat planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties in deze rapportage uitgedrukt per liter verse bodem.

Om te kunnen bepalen of verschraling via maaien en afvoeren of uitmijnen binnen een redelijke termijn te realiseren is, kan op basis van de Olsen-P en totaal-P concentratie een indicatieve verschralingsduur berekend worden (zie Bijlage 2: Verschralingsduur).

Voorwaarde bij de ontwikkeling van soortenrijke voedselarme systemen blijft de lage fosfaatbeschikbaarheid voor planten. De metingen van de Olsen-P (en totaal-P) concentraties zijn dan ook in belangrijke mate leidend in de natuurontwikkelingskansen. Naast de P-beschikbaarheid en hydrologische omstandigheden bepaalt de mate van bodembuffering in sterke mate welke natuurbeheertypen tot ontwikkeling kunnen komen (Tabel 1). Om inzicht te krijgen in de bodembuffercapaciteit is van alle bodems de totale calciumconcentratie bepaald en van een selectie de concentratie zoutuitwisselbaar calcium.

Heide komt voor op P-arme (Olsen-P < 500 µmol/l en P-t < 2,5-3 mmol/l bodem) en relatief zure bodems (Ca-z < 1000 µmol/l en Ca-t < 10-15 mmol/l; Tabel 1). Soortenrijke heiden worden vaak gekenmerkt door een wat hogere bodembuffering (Tabel 1). Voor droge en vochtige heischrale graslanden is ook een lage P-beschikbaarheid noodzakelijk (Olsen-P < 300 µmol/l en P-t < 3 mmol/l bodem), maar in vergelijking met heiden is de bodem wat meer gebufferd (Ca-z > 4000-8000 µmol/l en Ca-t > 20-30 mmol/l bodem; Tabel 1).

Tabel 1. Overzicht van de verschillende bufferranges (11 categorieën) en fosfaatconcentraties (tussen haakjes de uitloop als een suboptimale concentratie) waarbij diverse natuurbeheertypen voorkomen (INDICATIEF). Voor dotterbloemhooilanden en elzenbroekbossen zijn hoge ijzerconcentraties vereist. Van blauwgrasland tot elzenbroekbos kunnen de totaal-P concentraties relatief hoog zijn als gevolg van ijzer- en/of calciumrijke omstandigheden. De fosfaatbeschikbaarheid voor planten (Olsen-P) is echter relatief beperkt. Het bekalkingsadvies is weergegeven in kg dolokal per hectare en dient ter voorkoming van verzuring en ter bevordering van de soortenrijkdom. Tevens wordt hiermee ammoniumophoping/-toxiciteit voorkomen (nitrificatie wordt geremd onder zure omstandigheden). Naast de mate van buffering zijn de hydrologische omstandigheden essentieel voor de ontwikkeling van de natuurbeheertypen (niet in deze tabel). Het herstellen van de grondwaterinvloed kan bijdragen aan het opladen van het kationuitwisselingscomplex en daarmee het herstel van de buffercapaciteit. Het betreft een indicatieve tabel op basis van expert judgement en referentiemetingen. Bron: van Mullekom & Smolders (2012)

						N07.01	N11.01				N14.02			
											N14.01			
					Codes natuurbeheertypen	N06.04	N06.04	N10.01	N10.01	N10.02	N10.02			
					Olsen-P (µmol/l)	< 500 (800)	< 300 (600)	< 500 (700)	< 500 (700)	< 600 (900)	< 800 (1000)			
					Totaal-P (mmol/l)	< 2,5 (6)	< 3 (7)	< 6 (10)	< 10 (20)	< 15 (35)	< 20 (50)			
Categorie	Ca-NaCl (µmol/l)		Totaal calcium (mmol/l)		Basenverzadiging	Droge heide Natte heide	Droog heischraal grasland Vochtig heischraal grasland	Kleine zeggen vegetatie	Blauwgrasland	Veldrusschraalland	Dotterbloemhooiland & Elzenbroekbossen	Bekalkingsadvies (kg/ha) voor tegengaan verzuring, ammoniumophoping en/of vergroten soortenrijkdom	Risico ammoniumtoxiciteit zonder bekalking	
1	<500	en/of	<10	en/of	<30%							2500	+	
2	500-1000	en/of	10-15	en/of	30-70%							2000	+	
3	1000-2000	en	15-20	en	>70%							2000	+	
4	>2000	en	15-20	en	>70%							2000	+/-	
5	2000-4000	en	20-30	en	>70%							1000	+/-	
6	>4000	en	20-30	en	>70%							0	-	
7	8000-14000	en	30-60	en	>90%							0	-	
8	>14000	en	30-60	en	>90%							0	-	
9	>14000	en	60-100	en	>90%							0	-	
10	20000-30000	en/of	>100	en	>90%							0	-	
11	>30000	en/of	>100	en	>90%							0	-	
						soortenarm		normaal		soortenrijk				

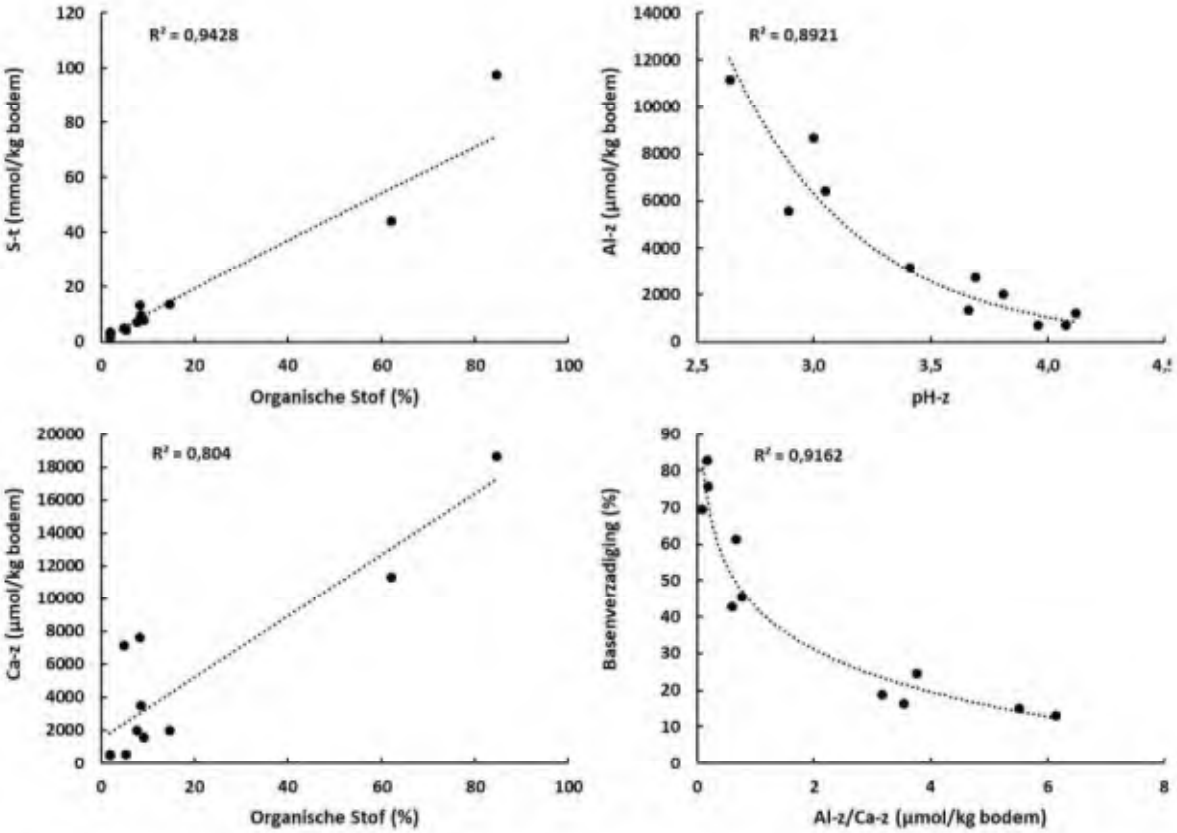
Algemene trends in de bodem

In Figuur 3 worden correlaties tussen een aantal relevante bodemchemische variabelen weergegeven. De zwavelconcentratie (S-t) correleert sterk met het organische stof percentage van de bodem (Figuur 3, linksboven). De correlatie tussen zwavel en organische stof kan verklaard worden doordat in organisch materiaal zwavel ingebouwd zit.

Als wordt gekeken naar de bodemchemische data (Tabel 4) blijkt dat in bodems met hoge organische stofgehaltes ook vaak hogere concentraties zoutuitwisselbaar calcium (Ca-z) worden gemeten. Dit is ook goed terug te zien in Figuur 3 (linksonder). Kleideeltjes en organisch materiaal vormen een belangrijk deel van het bodemadsorptiecomplex in de bodem.

Behalve de nutriëntenbeschikbaarheid is de zuurgraad van de bodem in belangrijke mate sturend voor de vegetatieontwikkeling. De buffercapaciteit geeft de mate aan waarin een bodem in staat is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties. In niet tot zwak gebufferde bodems kan de bodem in de aluminiumbufferrange (pH_w < 4,5) komen. De pH gemeten in de zoutextracten ligt tussen 2,9 en 5,9, waarbij de pH zout vaak 0,5-1 pH eenheid lager is dan de pH water. Bij de

lagere pH-waardes neemt de concentratie uitwisselbaar aluminium toe (zie Figuur 3, rechtsboven). Naarmate de Al-z concentratie toeneemt zal ook de Al/Ca ratio toenemen en de basenverzadiging afnemen (zie Figuur 3, rechtsonder).



Figuur 4. Correlaties tussen enkele relevante bodemchemische variabelen in de percelen in Nieuwe Veen & Bruine Veld.

In Tabel 3 worden een aantal aanvullende bodemchemische variabelen in soortenrijke en -arme heischrale graslanden gegeven: de soortenrijkdom neemt af naarmate de Al/Ca ratio hoger is. Zo zijn bijzondere doelsoorten uit de heischrale vegetatietypen niet aanwezig bij een hoge Al/Ca ratio (De Graaf et al., 1997) en verdwijnen ook de kenmerkende soorten van heide bij een Al/Ca ratio > 2 (Vogels et al., 2020; database B-WARE). Onder zure omstandigheden kan stikstof accumuleren in de bodem. Wanneer stikstofverrijking plaatsvindt profiteren vooral soorten als Struikheide of Pijpenstrootje in het heidelandschap (Roelofs, 1986). In Bruine Veld is veel pijpenstrootje waargenomen op de eventueel te ontwikkelen locaties 1 en 2. Op deze locaties zijn ook hoge Al/Ca ratio's aangetroffen, vooral onder de toplaag. In het gebied heeft de helft van de bodems een Al/Ca ratio > 2 (rood geschreven in Tabel 4).

Tabel 2. Bodemchemie van een soortenarme en soortenrijke vorm van heischraal grasland (associatie 19Aa1 van het habitattype H6230) en de bijbehorende rompgemeenschap. De pH is gemeten in een zoutextract (pH-z), de uitwisselbare calciumconcentratie in µmol/kg bodem (Ca-z), de aluminium/calcium-ratio in mol/mol (Al/Ca-ratio), de ammoniumconcentratie in µmol/kg bodem (NH_4-z), de basenverzadiging (BV) in procenten gemeten in een strontiumextract en de Olsen-P concentratie in µmol/kg bodem. Bron: GRIP-database, Onderzoekcentrum B-WARE.

Plantengemeenschap	pH-z	Ca-z	Al/Ca-ratio	NH_4-z	BV	P-Olsen
Associatie van Liggend walstro en Schapegras (19Aa1) soortenarm	3,0-3,5	800-1000	2,5-4,0	-	27%	<400
Associatie van Liggend walstro en Schapegras (19Aa1) redelijk/goed ontwikkeld	3,8-5,0	2250-6000 (12.000)	<0,8	<200	34%	<400
Slecht ontwikkelde rompgemeenschap met Bochtige smele (19RG02)	3,4-3,7	500-1000	2-5	100-250 (350)	19%	

Kansen voor natuurontwikkeling

De bodemchemische data van de bodemmonsterlocaties wordt weergegeven in Tabel 4. De bodemchemische data en het advies wordt hieronder besproken.

Tabel 3. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in het onderzoeksgebied. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie, -z = zoutuitwisselbare concentraties; BV = indicatieve basenverzadiging; M3/M5 = berekende verschralingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 300/500µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P >3 mmol/l). Een Olsen-P concentraties van (<)300-500 µmol/l is optimaal in het onderzoeksgebied. De Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<150	<10	<4000	<20				voldoende P-arm
6-10	151-250	10-20	4001-8000	21-50	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	51-100	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	151-300	31-100	401-800	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>300	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3	M5
1	0-20	sterk veraard veen	62	64	0,3	358	3,4	55	5	19	2	2	14	2845	3702	0,77	451	1210	3,0	46	2	123	447	3	0
	20-25	moerig, lemig zeer fijn zand (geen verkitte B-horizont)	9	35	0,9	379	2,8	177	4	34	3	6	7	5255	1487	3,53	437	461	2,9	16			247		
	25-35	zwak lemig, zeer fijn zand	2	20	1,4	70	0,7	125	4	38	5	7	2	3759	683	5,51	314	253	3,7	15		111	67		
2	0-20	sterk veraard veen	85	74	0,3	545	3,8	34	8	12	1	2	24	2800	4672	0,60	516	1392	2,6	43			559	5	2
	20-25	sterk humeus, sterk lemig, uiterst fijn zand (verkitte B-horizont)	15	42	0,8	336	2,2	114	4	20	2	5	11	5133	1622	3,16	465	444	3,1	19			222		
	25-35	zwak lemig, zeer fijn zand	2	21	1,4	157	1,0	153	6	45	5	11	5	4340	707	6,14	354	265	3,4	13		163	64		
Ref1	0-10	0-10 humeus, zeer fijn zand	8	30	1,1	336	2,4	68	4	7	4	3	7	1419	2155	0,66	2460	1090	3,7	61			144		
Ref2	0-10	0-10 sterk humeus / moerig, zeer fijn zand	9	31	1,1	480	2,7	129	7	19	7	8	11	780	3972	0,20	3634	2146	4,0	76			727		
Ref3	0-10	0-10 zeer zwak humeus, matig fijn zand	5	20	1,1	327	2,1	103	3	7	3	4	5	2297	611	3,76	368	452	3,8	25			36		
Ref4	0-5	0-5 zeer sterk humeus zand, sterk lemig, uiterst fijn zand (restant verkitte B-horizont)	8	35	1,0	359	3,8	227	19	76	8	13	13	679	7320	0,09	2941	2787	4,1	69			263	1	0
Ref5	0-10	0-15 humusarm zand, lemig	5	26	1,2	138	1,4	225	20	90	6	16	6	1486	8929	0,17	2779	2595	4,1	83	0	14	290	0	0

Referentielocaties

In het gebied zijn 5 referentielocaties bemonsterd. Het betreft locaties waar de toplaag reeds is afgeplagd en een ontwikkeling met bruine snavelbies, dophei, kleine zonnedauw, moeraswolfsklauw en waternavel (ref 1); waterveenmos en knolrus (ref 2); blauwe zegge, bruine snaveldbies, kleine zonnedauw, klokjesgentiaan en witte snavelbies (ref 3) en schildereprijs, waterpostelein, geelgroene zegge, moerasstruisgras, kleine zonnedauw, egelboterbloem en waternavel (ref 4 en ref 5) zijn aangetroffen.

Op deze locaties is een zandige, humeuze toplaag van 5 tot 15 cm dik aangetroffen. Deze bodem heeft een organisch stofgehalte van 5 tot 9%. Op alle locaties is de bodem fosfaatarm (Olsen-P: 138-480 µmol/l en totaal-P: 1,4-3,8 mmol/l). Verder valt op dat de zoutextraheerbare magnesium en kaliumconcentraties relatief hoog zijn.

Op basis van de calciumconcentraties en de aangetroffen vegetatie kunnen de referentielocaties duidelijk in twee categorieën worden gesorteerd. In het oostelijk deel van het gebied (referentielocatie 1, 2 en 3) is sprake van een zure venbodem (ref 2) en venoever (ref 1 en ref 3) met lage calciumconcentraties (pH-z: 3,7-4,0, Ca-t: 3-7 mmol/l en Ca-z: ±600-4.000 µmol/l). Op locatie 3 is de Al/Ca ratio hoog (3,76).

Het westelijk deel, met locatie 4 en 5, is daarentegen lemiger. Hier zijn hogere calciumconcentraties gemeten (pH-z: 4,1, Ca-t: 19-20 mmol/l en Ca-z: ±7.300-8.900 µmol/l). Locatie 4 en 5 liggen in het lage deel (de venbodem) van de laagte in het gebied.

De eventueel te ontwikkelen locaties

Op locatie 1 en 2 wordt overwogen om de veraarde veenlaag (20 cm) te plaggen. Het percentage organische stof is met 62-85% nog relatief hoog. Alle bemonsterd bodemlagen op beide locaties (0-35 cm-mv) zijn relatief fosfaatarm (Olsen-P: 70-545 µmol/l en totaal-P: 0,7-3,8 mmol/l). De bodem op deze locaties is zuur en heeft lage calciumconcentraties (pH-z: 2,6-3,7, Ca-t: 4-6 mmol/l en Ca-z: ±700-4.700 µmol/l). De calciumconcentraties nemen af in de diepte (in combinatie met de afname in organische stof).

Wanneer de bovenste 20 cm wordt geplagd kunnen de bodems worden vergeleken met de referentielocaties, vooral met ref1, ref2 en ref3 op basis van de lage calciumconcentraties. Pijpenstrootje doet het erg goed op mineraliserende veenbodems omdat hierin veel stikstof in de vorm van ammonium vrijkomt. Door het verwijderen van de veraarde veenlaag neemt de productie aan ammonium als gevolg van mineralisatie af. Dit is gunstig. Wanneer wordt afgegraven komt er echter een bodem aan het oppervlak met een relatief hoge Al/Ca ratio (3,16-6,14). Ook zijn de zoutextraheerbare kalium- en magnesiumconcentraties in deze bodems veel lager dan voor de referentie bodems.

Deze bodemchemische omstandigheden kunnen leiden tot een soortenarme ontwikkeling en, wanneer nog steeds N-ophoping plaatsvindt, mogelijk toch nog tot ontwikkeling van pijpenstrootje leiden (zie tekst Algemene trends in de bodem). Een eenmalige bekalking met 2000 kg Dolokal per hectare na plaggen zou kunnen bijdragen aan het herstellen van de buffering (hogere pH en calcium- en magnesiumconcentraties en lagere aluminium concentraties) en het voorkomen van een ammoniumpiek in de meer minerale bodem na plaggen. Het organisch stof percentage van 9-15% vormt hierbij echter een risico aangezien dit mogelijk toch nog kan mineraliseren waarbij nutriënten vrijkomen. Dit wordt hierdoor afgeraden. Na verloop van tijd zal hier, onder invloed van de verbetering van de voeding met zwak gebufferd grondwater, extra aanvoer van buffering plaatsvinden. Wanneer (lokaal) 25 in plaats van 20 cm wordt afgegraven dan speelt dit risico

overigens veel minder. Na plaggen wordt geadviseerd om maaisel uit een soortenrijke vochtige heide / heischraal grasland op te brengen.

5. LITERATUUR

Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.

Graaf, De M.C.C., R. Bobbink, P. J. M. Verbeek & J. G. M. Roelofs 1997. Aluminium toxicity and tolerance in three heathland species. Water Air and Soil Pollution 98:229-239.

Roelofs, J.G.M. (1986) The effect of airborne sulfur and nitrogen deposition on aquatic and terrestrial heathland vegetation. Experientia 42: 372-377.

Vogels, J.J., E. Verbaarschot, R. Loeb, M. Weijters, R. Bobbink, M.C. Scherpenisse, P.J.M. Verbeek & V. de Jong (2020) Steenmeeltoepassing ten behoeve van herstel biodiversiteit in Het Nationale Park De Hoge Veluwe -Eindrapport monitoring 2015-2019-. Stichting Bargerveen, Onderzoekcentrum B-WARE, BodemBergsma, Natuurbalans-Limes Divergens Nijmegen.

60243 0032

6. BIJLAGE 1: ANALYSES

Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo af te wegen in aluminiumbakjes. De bakjes werden precies tot aan de rand afgevuld (volume = 40,5 ml), zodat de soortelijke massa van de bodem kan worden bepaald. De bodems werden gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal opnieuw gewogen en werd het vochtverlies berekend. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend uit het gloeiverlies. Hiertoe werd gedroogd bodemmateriaal gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plantbeschikbaar fosfaat worden bepaald. Hiertoe werd aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,4 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Bodemdestructie

Door de bodem en plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega of Ethos Easy) werden geplaatst. De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. De destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Zoutextractie (NaCl-extractie)

Met een zoutextractie kunnen de vrij in de bodem aanwezige zoutuitwisselbare ionen bepaald worden. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2 mol l^{-1} NaCl) of 50 ml demiwater gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific of, ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-})

60243 0032

werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl^-) werd colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

60243 0032

7. BIJLAGE 2: VERSCHRALINGSDUUR

De verschralingsduur voor maaien en afvoeren is berekend op basis van het verschil tussen de actuele totaal-P concentratie en de totaal-P streefconcentratie, uitgaande van een P-afvoer van 10 kg hectare per jaar (Chardon, 2008). De streefconcentratie voor totaal-P is hierbij niet op een standaardwaarde vastgesteld, maar berekend aan de hand van de streefwaarde voor Olsen-P en de actuele beschikbare P-fractie (Olsen-P/totaal-P-ratio). Stel dat de actuele P-fractie 0,1 is (10% van het totaal-P is beschikbaar P), dan is bij een streefwaarde van 500 µmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ((0,5/10) x 100). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem de actuele P-fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ((0,5/5) x 100). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschralingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschralingsduur 10-20% lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschraling in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschralingsduur eerder hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschralingsduur. De ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie is vastgesteld op 3 mmol/l.

Voor uitmijnen kan de verschralingsduur op dezelfde wijze berekend worden, maar dan wordt uitgegaan van een P-afvoer van 40 kg hectare per jaar. Deze afvoer kan gehaald worden met uitmijnen met grasklaver in combinatie met kalibemesting of een productieve graszode in combinatie met stikstof- en kalimesting, maar de daadwerkelijke onttrekking is afhankelijk van de omstandigheden (o.a. hydrologie).

8. BIJLAGE 3: HYDROCHEMISCHE RESULTATEN

Tabel 4. Kwaliteit van het water in het onderzoeksgebied. De concentraties weergegeven in µmol/l. EGV = Elektrisch Geleidingsvermogen in µS/cm. Turb = turbiditeit in Nephelometric Trubidity Unit (NTU).

Code	Type	pH	Alk	EGV	Turb	CO_2	HCO_3^-	Al	Ca	Fe	Mg	P	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{3-}	Na^+	K^+	Cl^-
BV3	ow	5,6	0,1	34	20	145	26	11	15	6	21	2,3	27	1,0	11,1	0,9	147	104	60
BV9	ow	5,7	0,2	40	15	143	28	15	40	8	41	1,8	39	0,4	4,0	0,4	128	111	159
BV13	ow	5,6	0,1	40	16	125	21	11	16	1	29	5,9	15	0,0	0,6	0,9	136	185	182
BV16	ow	6,3	1,7	324	21	1787	1440	16	1072	88	253	5,1	403	116,5	32,1	0,8	621	194	832
NV23	ow	6,0	1,3	297	50	2994	1178	9	732	167	303	47,2	479	10,5	114,8	5,6	839	165	842
NV24	ow	6,2	1,6	392	30	1995	1273	6	915	102	434	10,3	694	9,5	121,5	2,1	981	281	1109
NV31	ow	6,5	1,0	279	22	664	797	8	620	43	287	4,5	360	163,1	35,4	0,9	821	183	921
BV1	pb	4,8	-	155	-	921	24	6	149	1	82	0,2	125	66,6	3,0	-	26	20	1072
BV2	pb	5,7	-	104	-	1687	365	20	235	90	46	4,5	105	0,4	28,9	-	382	39	304
BV4	pb	5,5	-	101	-	2655	377	16	267	77	108	2,2	171	0,3	15,7	-	169	34	168
BV5	pb	4,3	-	117	-	1053	8	113	49	23	51	3,4	121	2,0	7,6	-	497	75	738
BV6	pb	5,4	-	64	-	1202	114	46	108	15	43	2,7	82	28,9	72,6	-	197	59	148
BV7	pb	5,3	-	133	-	797	60	27	411	8	85	1,2	153	491,1	5,9	-	236	20	202
BV8	pb	5,8	-	79	-	1539	405	24	185	40	73	6,6	57	0,6	63,0	-	276	35	168
BV10	pb	3,9	-	100	-	968	3	60	38	11	32	2,0	81	115,3	38,4	-	230	47	255
BV11	pb	5,5	-	75	-	1424	169	140	303	50	76	6,4	98	10,6	4,8	-	168	62	207
BV12	pb	5,5	-	137	-	3961	551	65	380	44	81	4,3	16	0,0	81,6	-	344	90	714
BV14	pb	6,7	-	374	-	1691	3625	19	1818	60	159	3,6	24	2,6	84,5	-	338	28	228
BV15	pb	4,8	-	128	-	2495	63	188	414	11	126	3,0	265	49,8	7,9	-	158	22	371
NV1	pb	5,7	-	390	-	1884	377	24	926	162	182	3,4	1031	0,1	152,2	-	1061	44	1335
NV2	pb	5,1	-	524	-	2673	156	13	1266	227	481	2,3	1556	0,1	226,2	-	1190	62	1566
NV3	pb	5,9	-	167	-	2107	732	25	225	104	65	3,4	16	0,7	525,4	-	476	38	748
NV4	pb	5,6	-	168	-	1151	188	6	379	70	154	16,6	262	2,4	154,2	-	529	86	918
NV5	pb	4,6	-	694	-	6121	108	25	1703	802	554	24,0	2521	0,0	322,6	-	1361	41	1722
NV6	pb	5,9	-	294	-	5639	1859	2	276	274	73	15,6	13	0,0	1156,9	-	652	42	669
NV7	pb	5,4	-	145	-	4082	418	5	285	171	96	9,7	67	0,0	273,2	-	426	14	710
NV8	pb	3,9	-	176	-	3794	14	26	207	292	54	43,6	149	2,1	206,8	-	462	47	1135
NV9	pb	5,3	-	209	-	5214	415	15	466	276	163	38,8	135	0,2	343,6	-	568	15	1317
NV10	pb	5,3	-	133	-	3317	267	7	364	97	192	9,4	46	0,0	191,0	-	225	13	580
NV11	pb	5,8	-	309	-	5684	1617	3	400	111	102	19,1	64	0,1	1382,7	-	362	30	754
NV12	pb	4,2	-	68	-	2144	15	6	40	31	17	26,7	22	0,6	126,3	-	123	20	281
NV13	pb	5,5	-	304	-	4087	506	9	462	308	272	49,6	266	0,3	274,9	-	11	13	1934
NV14	pb	5,0	-	135	-	3462	138	8	199	120	149	1,4	33	3,6	440,7	-	205	13	825
NV15	pb	6,6	-	449	-	2383	3607	4	535	138	89	25,5	14	0,0	1400,4	-	394	41	643
NV16	pb	3,8	-	96	-	2729	8	20	46	92	20	13,1	45	3,1	125,0	-	142	13	419
NV17	pb	5,8	-	392	-	3910	1077	10	590	848	299	45,0	598	0,1	183,5	-	864	69	1700
NV18	pb	4,9	-	703	-	3335	122	2	1470	578	571	0,8	2360	0,0	149,8	-	1323	23	1893
NV19	pb	5,7	-	427	-	4969	928	2	788	314	333	2,5	785	0,0	134,3	-	867	43	1458
NV20	pb	3,7	-	617	-	3486	8	54	874	547	362	30,0	1463	4,1	610,0	-	1345	85	2604
NV21	pb	5,6	-	762	-	5739	1002	9	1764	396	774	12,9	2347	0,0	470,9	-	1158	68	1697
NV22	pb	5,7	-	257	-	3042	621	7	338	157	83	8,2	65	67,3	461,3	-	650	37	1330
NV25	pb	5,5	-	205	-	3239	438	10	384	153	150	13,3	112	0,4	245,3	-	535	34	1205
NV26	pb	6,1	-	263	-	2800	1638	13	421	270	70	18,7	14	0,4	1087,9	-	370	55	513
NV27	pb	4,2	-	103	-	2520	19	3	56	16	33	22,1	26	0,3	67,9	-	338	56	691
NV28	pb	5,9	-	120	-	1642	570	28	269	86	164	2,8	64	0,0	53,5	-	272	13	470
NV29	pb	5,5	-	191	-	1624	224	53	251	261	112	4,4	358	0,0	24,6	-	555	13	938
NV30	pb	4,4	-	79	-	3600	40	43	166	118	58	3,9	102	1,0	26,2	-	188	26	312
NV31	pb	4,7	-	162	-	1900	36	42	230	28	127	6,3	205	1,1	58,2	-	551	32	1011
NV32	pb	5,5	-	220	-	694	100	27	287	148	155	3,3	393	0,0	158,4	-	603	18	1040

60243 0032

Tabel 5. Kwaliteit van het water in het onderzoeksgebied. De concentraties weergegeven in mg/l. EGV = Elektrisch Geleidingsvermogen in µS/cm. Turb = turbiditeit in Nephelometric Trubidity Unit (NTU).

Code	Type	pH	Alk	EGV	Turb	CO_2	HCO_3^-	Al	Ca	Fe	Mg	P	SO_4^{2-}	NO3	NO3-N	NH4	NH4-N	PO4	PO4-P	Na	K	Cl
BV3	ow	5,6	0,1	34	20	6	2	0	1	0	1	0,1	3	0,1	0,0	0,2	0,2	0,1	0,0	3,4	4,1	2
BV9	ow	5,7	0,2	40	15	6	2	0	2	0	1	0,1	4	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	2,9	4,3	6
BV13	ow	5,6	0,1	40	16	5	1	0	1	0	1	0,2	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	3,1	7,2	6
BV16	ow	6,3	1,7	324	21	79	88	0	43	5	6	0,2	39	7,2	1,6	0,6	0,5	0,1	0,0	14,3	7,6	29
NV23	ow	6,0	1,3	297	50	132	72	0	29	9	7	1,5	46	0,7	0,1	2,1	1,6	0,5	0,2	19,3	6,4	30
NV24	ow	6,2	1,6	392	30	88	78	0	37	6	11	0,3	67	0,6	0,1	2,2	1,7	0,2	0,1	22,5	11,0	39
NV31	ow	6,5	1,0	279	22	29	49	0	25	2	7	0,1	35	10,1	2,3	0,6	0,5	0,1	0,0	18,9	7,1	33
BV1	pb	4,8	-	155	-	41	1	0	6	0	2	0,0	12	4,1	0,9	0,1	0,0	-	-	0,6	0,8	38
BV2	pb	5,7	-	104	-	74	22	1	9	5	1	0,1	10	0,0	0,0	0,5	0,4	-	-	8,8	1,5	11
BV4	pb	5,5	-	101	-	117	23	0	11	4	3	0,1	16	0,0	0,0	0,3	0,2	-	-	3,9	1,3	6
BV5	pb	4,3	-	117	-	46	0	3	2	1	1	0,1	12	0,1	0,0	0,1	0,1	-	-	11,4	2,9	26
BV6	pb	5,4	-	64	-	53	7	1	4	1	1	0,1	8	1,8	0,4	1,3	1,0	-	-	4,5	2,3	5
BV7	pb	5,3	-	133	-	35	4	1	16	0	2	0,0	15	30,4	6,9	0,1	0,1	-	-	5,4	0,8	7
BV8	pb	5,8	-	79	-	68	25	1	7	2	2	0,2	5	0,0	0,0	1,1	0,9	-	-	6,4	1,4	6
BV10	pb	3,9	-	100	-	43	0	2	2	1	1	0,1	8	7,1	1,6	0,7	0,5	-	-	5,3	1,8	9
BV11	pb	5,5	-	75	-	63	10	4	12	3	2	0,2	9	0,7	0,1	0,1	0,1	-	-	3,9	2,4	7
BV12	pb	5,5	-	137	-	174	34	2	15	2	2	0,1	2	0,0	0,0	1,5	1,1	-	-	7,9	3,5	25
BV14	pb	6,7	-	374	-	74	221	1	73	3	4	0,1	2	0,2	0,0	1,5	1,2	-	-	7,8	1,1	8
BV15	pb	4,8	-	128	-	110	4	5	17	1	3	0,1	25	3,1	0,7	0,1	0,1	-	-	3,6	0,9	13
NV1	pb	5,7	-	390	-	83	23	1	37	9	4	0,1	99	0,0	0,0	2,7	2,1	-	-	24,4	1,7	47
NV2	pb	5,1	-	524	-	118	10	0	51	13	12	0,1	150	0,0	0,0	4,1	3,2	-	-	27,4	2,4	56
NV3	pb	5,9	-	167	-	93	45	1	9	6	2	0,1	2	0,0	0,0	9,5	7,4	-	-	10,9	1,5	27
NV4	pb	5,6	-	168	-	51	11	0	15	4	4	0,5	25	0,1	0,0	2,8	2,2	-	-	12,2	3,4	33
NV5	pb	4,6	-	694	-	269	7	1	68	45	13	0,7	242	0,0	0,0	5,8	4,5	-	-	31,3	1,6	61
NV6	pb	5,9	-	294	-	248	113	0	11	15	2	0,5	1	0,0	0,0	20,9	16,2	-	-	15,0	1,7	24
NV7	pb	5,4	-	145	-	180	25	0	11	10	2	0,3	6	0,0	0,0	4,9	3,8	-	-	9,8	0,5	25
NV8	pb	3,9	-	176	-	167	1	1	8	16	1	1,3	14	0,1	0,0	3,7	2,9	-	-	10,6	1,9	40
NV9	pb	5,3	-	209	-	229	25	0	19	15	4	1,2	13	0,0	0,0	6,2	4,8	-	-	13,0	0,6	47
NV10	pb	5,3	-	133	-	146	16	0	15	5	5	0,3	4	0,0	0,0	3,4	2,7	-	-	5,2	0,5	21
NV11	pb	5,8	-	309	-	250	99	0	16	6	2	0,6	6	0,0	0,0	24,9	19,4	-	-	8,3	1,2	27
NV12	pb	4,2	-	68	-	94	1	0	2	2	0	0,8	2	0,0	0,0	2,3	1,8	-	-	2,8	0,8	10
NV13	pb	5,5	-	304	-	180	31	0	19	17	7	1,5	26	0,0	0,0	5,0	3,9	-	-	0,3	0,5	69
NV14	pb	5,0	-	135	-	152	8	0	8	7	4	0,0	3	0,2	0,0	7,9	6,2	-	-	4,7	0,5	29
NV15	pb	6,6	-	449	-	105	220	0	21	8	2	0,8	1	0,0	0,0	25,3	19,6	-	-	9,1	1,6	23
NV16	pb	3,8	-	96	-	120	0	1	2	5	0	0,4	4	0,2	0,0	2,3	1,8	-	-	3,3	0,5	15
NV17	pb	5,8	-	392	-	172	66	0	24	47	7	1,4	57	0,0	0,0	3,3	2,6	-	-	19,9	2,7	60
NV18	pb	4,9	-	703	-	147	7	0	59	32	14	0,0	227	0,0	0,0	2,7	2,1	-	-	30,4	0,9	67
NV19	pb	5,7	-	427	-	219	57	0	32	18	8	0,1	75	0,0	0,0	2,4	1,9	-	-	19,9	1,7	52
NV20	pb	3,7	-	617	-	153	0	1	35	31	9	0,9	141	0,3	0,1	11,0	8,5	-	-	30,9	3,3	92
NV21	pb	5,6	-	762	-	253	61	0	71	22	19	0,4	226	0,0	0,0	8,5	6,6	-	-	26,6	2,7	60
NV22	pb	5,7	-	257	-	134	38	0	14	9	2	0,3	6	4,2	0,9	8,3	6,5	-	-	15,0	1,4	47
NV25	pb	5,5	-	205	-	143	27	0	15	9	4	0,4	11	0,0	0,0	4,4	3,4	-	-	12,3	1,3	43
NV26	pb	6,1	-	263	-	123	100	0	17	15	2	0,6	1	0,0	0,0	19,6	15,2	-	-	8,5	2,2	18
NV27	pb	4,2	-	103	-	111	1	0	2	1	1	0,7	2	0,0	0,0	1,2	1,0	-	-	7,8	2,2	24
NV28	pb	5,9	-	120	-	72	35	1	11	5	4	0,1	6	0,0	0,0	1,0	0,7	-	-	6,3	0,5	17
NV29	pb	5,5	-	191	-	71	14	1	10	15	3	0,1	34	0,0	0,0	0,4	0,3	-	-	12,8	0,5	33
NV30	pb	4,4	-	79	-	158	2	1	7	7	1	0,1	10	0,1	0,0	0,5	0,4	-	-	4,3	1,0	11
NV31	pb	4,7	-	162	-	84	2	1	9	2	3	0,2	20	0,1	0,0	1,0	0,8	-	-	12,7	1,2	36
NV32	pb	5,5	-	220	-	31	6	1	12	8	4	0,1	38	0,0	0,0	2,9	2,2	-	-	13,9	0,7	37

60243 0032

Bijlage 8

Vegetatietypologie behorende bij de vegetatiekaart van het Bruine Veld in 2008

(De Goeij, 2011; zie figuur 2.9)

Vegetaties van open water en met waterplanten

W0 Open water
Eendekroos-klasse (Lemnetea minoris) en Fonteinkruiden-klasse (*Potametea*)
W1 Type van Kroos (*01-a*)
W2 Type van Gele plomp (*05B3b*)
W3 Type van Smalle waterpest (*05D-a*)

Karakteristiek
In open water bedekken waterplanten minder dan 5 %. Type W1 wordt gedomineerd door drijvende kroossoorten, hier betreft het Dwergkroos. Het type is erg soortenarm. Gele plomp domineert in type W2, ook dit type is erg soortenarm

Moerasvegetaties

Riet-klasse (*Phragmitetea*)
M1 Type van Riet (*08-f*)
M2 Type van Rietgras (*08-b*)
M3 Type van Pluimzegge (*08C-c*)

Karakteristiek
Type M1 wordt gedomineerd door Riet. Soorten als Moerasvergeet-mij-nietje, Liesgras, Moeraswalstro, Grote wederik en Veenwortel komen in lage aantallen voor. Dominantie van Rietgras komt voor in type M2. Gestreepte witbol komt bedekkend voor en Ruw beemdgras en Scherpe zegge zijn frequent aanwezig. Type M3 wordt gedomineerd door Pluimzegge. Grote lisdodde, Liesgras, Harig wilgenroosje en Bitterzoet komen in lage aantallen voor.

Vochtige schraallanden

Klasse der kleine zeggen (*Parvocaricetea*) en Klasse van hoogveenslenken (*Scheuchzerietea*)
D1 Type van Gewone waterbies (*09-f*)
D2 Type van Moerasstruisgras (*09A-a*)
D3a Type van Hennegras, typische vorm (*09-g*)
D3b Type van Hennegras, vorm met Pijpenstrootje en Wateraardbei (*09-g*)
D4a Type van Pitrus, typische vorm (09-k)
D4b Type van Pitrus, vorm van Waterveenmos (*10-f*)
D5a Type van Waterveenmos, typische vorm (*10-f*)
D5b Type van Waterveenmos, vorm van Gewone waterbies (*10-k*)

Karakteristiek
In type D1 komt Gewoon waterbies abundant-dominant voor, daarnaast zijn soorten van de klasse der kleine zeggen aangetroffen, als Egelboterbloem, Schildereprijs en Gewone waternavel. Vensikkelmos domineert in de moslaag. In type D2 domineert Moerasstruisgras, soorten als Egelboterbloem en Vensikkelmos komen bedekkend voor.

Soorten van voedselarme standplaatsen, als Kleine zonnedauw en Tormentil komen in lage aantallen voor. Type D3 wordt door Hennegras gedomineerd. In de typische vorm D3a komen soorten als Pitrus, Grote wederik en Gestreepte witbol in lage aantallen voor. Pijpenstrootje en Wateraardbei zijn differentiërend voor type D3b, de soorten komen frequent tot abundant voor. Melkeppe, Gewone waternavel en Grote wederik komen frequent voor. D4 wordt gedomineerd door Pitrus. De typische vorm (D4a) is soortenarm, met lage bedekkingen van Vensikkelmos en Waterveenmos. Type D4b wordt gekenmerkt door het abundant-dominant voorkomen van Waterveenmos. Ook in type D5 komt Waterveenmos abundant-dominant voor, Knolrus is frequent tot abundant aanwezig. De typische vorm D5a is soortenarm, in D5b komt Gewone waterbies frequent voor.

Natte heide- en Pijpenstrootjevegetaties

Klasse der hoogveenbulten en natte heiden (*Oxycocco-Sphagnetea*)
N1a Type van Kleine zonnedauw en Gewone dophei, vorm met Bruine en Witte snavelbies (11A1a)
N1b Type van Kleine zonnedauw en Gewone dophei, vorm met soorten van de Klasse der kleine zeggen (11A1b/09A)
N2 Type van Gewone dophei en Pijpenstrootje (11A2c)
N3a Type van Pijpenstrootje, vorm met Waterveenmos (11-g)
N3b Type van Pijpenstrootje, typische vorm (11-i)

Karakteristiek
Kleine zonnedauw en Gewone dophei komen in type N1 bedekkend voor en Moeraswolfklauw is frequent aanwezig (zie Foto 1). Type N1a wordt gekenmerkt door pioniersoorten van natte heide als Bruine en Witte snavelbies. In type N1b komen soorten van de Klasse der kleine zeggen voor als Moerasstruisgras, Egelboterbloem, Blauwe zegge, Geelgroene zegge en Gewone waternavel. In dit type is frequent Dwergvlas aangetroffen en lokaal ook veel Klokjesgentiaan. Gewone dophei komt abundant-dominant voor in type N2. Pijpenstrootje heeft meestal ook een hoge bedekking. De vegetatie is soortenarm, met lage aantallen Struikhei en lokaal frequent Veenbies. Type N3 wordt gedomineerd door Pijpenstrootje, Gewone dophei komt hooguit in lage aantallen voor. Type N3a is erg soortenarm, Waterveenmos komt abundant voor. Type N3b is eveneens soortenarm, soorten als Veenpluis, Gewone dophei, Veenbies, Melkeppe, Wateraardbei, Grote wederik en Riet komen in lage aantallen voor.

Droge tot matig vochtige heidevegetaties

Klasse der droge heiden (*Calluno-Ulicetea*)
H1 Type van Struikhei en Gewone dophei (*20A1e*)

Karakteristiek
Struikhei is aspectbepalend en bedekt minimaal 10 % in type H1, Gewone dophei komt frequent tot abundant voor, maar bedekt altijd minder dan Struikhei. De bedekking van Pijpenstrootje varieert van frequent tot dominant. Plaatselijk komt veel opslag voor van Ruwe en Zachte berk, Zomereik en Amerikaanse vogelkers.

Graslanden van voedselrijke, natte standplaatsen

Zilverschoon-verbond (*Lolio-Potentillion anserinae*)
G1a Type van Mannagras en Geknikte vossenstaart (*12B-k*)
G1b Type van Pitrus met Fioringras en/of Ruw beemdgras (*12B*)

Karakteristiek
Type G1a is een soortenarme vegetatie waarin Mannagras domineert en Geknikte vossenstaart frequent voorkomt. Egelboterbloem en Kruipende boterbloem zijn in lage aantallen aangetroffen. Pitrus is aspectbepalend in type G1b, Fioringras en/of Ruw beemdgras komen frequent tot abundant voor. Lokaal komen Kruipende boterbloem en Witte klaver bedekkend voor en soorten van (wisselend) natte standplaatsen als Zomprus, Koninginnekruid, Moeraswalstro, Moerasrolklaver, Gewone waterbies en Rietgras komen in lage aantallen voor.

Droge, vrij schrale graslanden

Klasse der droge graslanden op zandgrond (*Koelerio-Corynephoretea*)
G2 Type van Gewoon struisgras, vorm met Fijn schapengras en Muizenoor (*14-p*)

Karakteristiek
In type G2 zijn Gewoon struisgras, Fijn schapengras en Muizenoor aspectbepalend, Gewoon biggenkruid, Zandstruisgras, Schapenzuring en Gewone veldbies komen in lage aantallen voor.

Voedselrijkere graslandvegetaties

Klasse der vochtige graslanden (*Molinio-Arrhenatheretea*)
G3 Type van Gewoon struisgras, vorm met Gestreepte witbol en Veldzuring (*16-i*)
G4 Type van Gestreepte witbol en Veldzuring (*16-a*)
G5 Type van Kweek (*16/c*)

Karakteristiek
Type G3 wordt gedomineerd door Gewoon struisgras. De vegetatie is niet erg soortenrijk: Gestreepte witbol en Veldzuring zijn frequent tot abundant aanwezig en in lage aantallen komen Pitrus, Kruipende boterbloem en Gewone hoornbloem voor. In type G4 domineert Gestreepte witbol, Veldzuring komt frequent tot abundant voor. Gewoon struisgras is alleen in lage aantallen aanwezig. Kweek domineert in type G5. Rietgras en Grote brandnetel komen bedekkend voor.

Ruigtevegetaties

Klasse der natte strooiselruigten (*Convolvulo-Filipenduletea*), Klasse der nitrofiele zomen (*Galio-Urticetea*) en Verbond van Bramen en Sleedoorn (*Pruno-Rubion radulae*)
R1 Type van Harig wilgenroosje (*32-b*)
R2 Type van Grote brandnetel (*33-a*)
R3 Type van Braam (*37A*)

Karakteristiek
Type R1 wordt gedomineerd door Harig wilgenroosje. Soorten uit de Riet-klasse, als Liesgras, Wolfspoot en Pluimzegge, komen in lage aantallen voor. Grote brandnetel is dominant in type R2. Soorten van matig vochtige standplaatsen als Grote vossenstaart, Kweek, Hondsdraf en Boerenwormkruid komen slechts hier en daar voor. Mossen hebben meestal wel een hoge bedekking, met name Gewoon dikkopmos en Geplooid snavelmos. Braam is dominant in type R3.

Struweel

Klasse der Wilgenbroekstuwelen (*Franguletea*) en Klasse der doornstruwelen (*Rhamno-Prunetea*)
S1 Type van Grauwe wilg, vorm met Pijpenstrootje (*36A2*)
S2 Type van Eenstijlige meidoorn, Sporkehout en Geoorde wilg (*36/37*)
Karakteristiek
Type S1 wordt in de struiklaag gedomineerd door Grauwe wilg en de kruidlaag door Pijpenstrootje. Type S2 is een aanplant van verschillende soorten, waaronder Eenstijlige meidoorn, Sporkehout, Geoorde wilg, Grauwe wilg, Gewone vlier, Sleedoorn en Hazelaar. In de ondergroei komen weinig kruiden voor, in de moslaag komt Fijn laddermos vaak bedekkend voor. Hier en daar staan bomen in het struweel, zoals Wilde lijsterbes, Zwarte els en Ratelpopulier.

Bossen met Zwarte els

Klasse der elzenbroekbossen (*Alnetea glutinosae*)
B1a Type van Zwarte els, vorm met Pluimzegge (*39A1*)
B1b Type van Zwarte els, vorm zonder ondergroei (*39A*)
B1c Type van Zwarte els, vorm met Koninginnekruid (*39A*)
B1d Type van Zwarte els, vorm met Grote brandnetel (*39A-d*)

Karakteristiek
De elzenbossen worden gedomineerd door 5-12 m hoge Zwarte els. Op grond van de ondergroei zijn vier vormen onderscheiden: in type B1a komen Pluimzegge en Koninginnekruid bedekkend voor, het type heeft zich op een drijftil ontwikkeld. In type B1b komen nauwelijks kruiden in de ondergroei voor. Grauwe wilg groeit in de struiklaag, net als in type B1c. Koninginnekruid komt bedekkend voor in type B1c, maar Pluimzegge ontbreekt hier. Andere soorten van natte-vochtige bodem in dit type zijn Wilde gagel, Riet en IJle zegge. In type B1d komt Grote brandnetel bedekkend voor.

Bossen op matig vochtige-droge bodem

Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselarme grond (*Quercetea robori-petraeae*) en Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselrijke grond (*Querco-Fagetea*)
B2a Type van Zomereik en Zachte berk, vorm zonder ondergroei (*42*)
B2b Type van Zomereik en Zachte berk, vorm van Pijpenstrootje (*42A1c*)
B3 Type van Zomereik met Grote brandnetel (*43*)
B4a Type van Boswilg, Schietwilg en Zwarte els, vorm met grasondergroei (*43*)
B4b Type van Boswilg, Schietwilg en Zwarte els, vorm van Grote brandnetel (*43*)

Karakteristiek
Type B2 wordt in de boomlaag gedomineerd door Zomereik, Ruwe berk en/of Zachte berk. Sporkehout en Amerikaanse vogelkers komen geregeld voor in de struiklaag. In type B2a ontbreekt een kruidlaag, de strooisellaag is erg dik. In type B2b domineert Pijpenstrootje, verder is de kruidlaag erg soortenarm.
In de typen B3 en B4 komen alleen soorten van voedselrijke standplaatsen voor. De boomlaag van type B3 bestaat uit Zomereik (aanplant), in de ondergroei komt Grote brandnetel abundant voor, een moslaag ontbreekt. De boomlaag van type B4 bestaat vooral uit Boswilg, daarnaast zijn Zwarte els, Schietwilg, Zachte berk en Katwilg aangetroffen. In de kruidlaag komen Hondsdraf en Kleefkruid frequent voor. Type B4a wordt gedifferentieerd door grassen, voornamelijk Gewoon struisgras en Gestreepte witbol; in de boomlaag groeit lokaal ook Spaanse aak. In type B4b komt Grote brandnetel abundant voor.

ONDERZOEKCENTRUM

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

Effecten van steenmeeltoediening na 5 jaar op de Strabrechtse heide

staatsbosbeheer

Stichting Bargerveen
Voor systeemgericht natuurherstel
For ecosystem restoration

Opdrachtgever: Provincie Noord-Brabant •

Auteurs: 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e & 5.1.2e •

2

Provincie Noord-Brabant

Niets uit dit rapport mag worden gereproduceerd, opnieuw vastgelegd, vermenigvuldigd of uitgegeven door middel van druk, fotokopie, microfilm, langs elektronische of elektromagnetische weg of op welke andere wijze dan ook zonder schriftelijke toestemming van de auteurs en de opdrachtgevers. Het is voor de opdrachtgever wel toegestaan de inhoud van deze rapportage met bronvermelding, te gebruiken voor andere publicaties.

Citeren als: Verbaarschot, E., Weijters, M., van de Riet, B., Brouwer, H. Bergsma, E., Vogels, J. en Bobbink, R (2020). Effecten van steenmeeltoediening na 5 jaar op de Strabrechtse heide. Onderzoekcentrum B-WARE B.V., Nijmegen. RP-17.110.20.17.
Subsidienummer: C2211146/4236820

Informatie:
5.1.2e en 5.1.2e
Postbus 6558
6503 GB Nijmegen
Tel: 5.1.2e
5.1.2e @b-ware.eu & 5.1.2e @b-ware.eu
www.b-ware.eu

5.1.2e

© Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen 2020.

Inhoudsopgave

1 Inleiding 7

1.1 Context 7

1.2 Focus huidig onderzoek 9

1.3 Het project 10

1.4 Leeswijzer 10

2 Beschrijving experiment 11

2.1 Opzet praktijkexperiment 11

3 Bodemchemie 15

3.1 Inleiding 15

3.2 Methodiek 15

3.3 Bodembuffering en pH 17

3.4 Beschikbaar N en P 24

3.5 Sporenelementen Mangaan, IJzer en Zink 27

3.6 Effecten van steenmeeltoediening op de 10-20 cm bodemlaag 28

3.7 Bezetting van het bodemadsorptiecomplex na 5 jaar 31

3.8 Conclusies bodemchemische ontwikkelingen na 5 jaar 33

4 Plantchemie 35

4.1 Inleiding 35

4.2 Methodiek 35

4.3 Ca-, Mg- en K-gehalte in planten 35

4.4 N- en P-gehaltes in planten 37

4.5 Sporenelementen 39

4.6 Conclusies 40

5 Vegetatieopnamen 43

5.1 Methoden 43

5.2 Algemene vegetatiebeschrijving en ontwikkeling 43

5.3 Effecten van steenmeelsoorten op de vegetatie (begraasde deel) 46

5.4 Effecten van begrazing op de Strabrechtse heide 48

5.7 Conclusies 50

6 Paddenstoelen 53

6.1 Inleiding 53

6.2 Methoden 53

6.2 Resultaten 55

6.4 Conclusies 57

7 Fauna 59

7.1 Inleiding 59
7.2 Methoden 59
7.3 Extreme droogte in 2018 61
7.4 Tweevleugeligen 61
7.5 Loopkevers 62
7.6 Conclusies 72
8 Synthese en Conclusies 75
9 Literatuurlijst 83
Bijlage 1 Beschrijving proeflocatie 87
Bijlage 2 Bodemchemie 90
Bijlage 3 Plantchemie 96
Bijlage 4 Vegetatieopnamen 102
Bijlage 5 Fauna 104
Bijlage 6 Paddenstoelen 117

1 Inleiding

1.1 Context

Heidevegetaties kennen een lange cultuurhistorische geschiedenis in West-Europa en zijn eeuwenlang aspectbepalend geweest voor grote delen van het West-Europese landschap. De term heide wordt veelal gebruikt voor vegetatie die gedomineerd wordt door dwergstruiken uit de familie van de heideachtigen (Ericaceae). Naast deze dwergstruiken komen nog verspreid gras- en kruidsoorten voor met een vaak rijke groei aan mossen en korstmossen (o.a. Gimingham 1972; De Smidt 1975; Smits & Noordijk 2013). Dwergstruikheiden komen op verschillende delen van de wereld voor, veel in de bergen, maar zijn - of waren - ook wijd verspreid in de Atlantische en subatlantische delen van Europa, van Noorwegen tot in Portugal en van IJsland tot in Polen. In het laagland van Europa is natuurlijke heide beperkt tot een smalle zone nabij de kust. De uitgestrekte laaglandheiden zijn grotendeels ontstaan door menselijke invloed en al eeuwenlang aanwezig in het Pleistocene zandlandschap van Nederland. Heiden van het Europese laagland komen zowel onder droge als natte condities voor, ieder met zijn eigen karakteristiek. Sinds het einde van de negentiende eeuw tot 1960 is het oppervlak aan heiden in Nederland met ca. 95% gedaald (Diemont, 1996). Vanwege hun kenmerkende waarden aan flora en fauna zijn de overgebleven heidevelden tegenwoordig vrijwel allemaal aangewezen als beschermd natuurgebied.

De huidige staat van instandhouding van (voorheen) voedselarme habitats is in de meeste West-Europese landen vaak ongunstig, en dit is met name het geval in het Nederlandse heidelandschap (Bobbink *et al.*, 2014). Zowel herstel van de kwaliteit van bestaande heiden als ook het vergroten van het oppervlak (goed ontwikkelde) heide binnen het Nederlandse natuurnetwerk (voorheen EHS) en Natura 2000-gebieden zijn daarmee een expliciet beleidsdoel en met de nieuwe Wet natuurbescherming een wettelijke taak en internationale verplichting. De kwaliteit van bestaande heideterreinen in Noordwest-Europa staat al sinds het midden van de 20ste eeuw onder hoge druk: verzuring en vermesting vormen in de laatste 5-6 decennia een grote bedreiging voor de kwaliteit van nog bestaande droge en natte heide (H4030 & 4010), met verdroging voor de natte heide als extra bedreiging.

Er bestaat een aantal mechanismen waarmee in bodems de toevoer van verzurende stoffen gebufferd en/of geneutraliseerd wordt. Hoe deze buffering plaatsvindt, is afhankelijk van het moedermateriaal (het type bodem) en de al of niet aanwezige toestroom van grondwater. In het droge zandlandschap is het laatste niet van belang, en aangezien de droge binnenlandse zandgronden kalkloos zijn, zijn de twee andere typen buffermechanismen bepalend voor het verloop van verzuring (Bobbink *et al.*, 2014; Bobbink *et al.*, 2017).

Allereerst is kationenuitwisseling door het bodemadsorptiecomplex van belang. Dit complex bestaat uit kleimineralen en/of organische bestanddelen die aan de buitenkant negatief geladen zijn, waardoor basische kationen (positief geladen) aan dit complex zwak geadsorbeerd zijn. Wanneer er extra zuur (H^+) in de bodem komt, dan kunnen de waterstofionen de kationen van het complex verdringen, en deze kationen in de bodemoplossing terechtkomen. De waterstofionen zelf zijn dan aan het complex geadsorbeerd en niet meer in oplossing, waardoor de pH niet verandert (=buffering). Kationenuitwisseling is een snel verlopend bufferproces, maar de capaciteit is tamelijk beperkt. Door verdringing met waterstofionen wordt de capaciteit steeds verder verlaagd. Men hanteert in relatie hiermee de term 'basenverzadiging' om aan te geven hoeveel procent van het adsorptiecomplex van de bodem bezet is met zogenoemde basische kationen (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+).

60244 0033

Een reactie die veel langzamer verloopt is de neutralisatie van zuur door de verwering van silicaatmineralen. Primaire silicaatmineralen worden afgebroken waarbij zich bij een pH_{water}>4,5 secundaire silicaten vormen (zie kader). Dit proces verloopt in het algemeen langzaam tot zeer langzaam, afhankelijk van het type mineraal, maar kan in principe sneller verlopen onder zuurdere condities. Door de lage verweringssnelheid draagt dit mechanisme normaliter maar in geringe mate bij aan de actuele buffering in de bodem. Door het vrijkomen van basische kationen uit deze verweringsreactie is het echter wel essentieel voor het "opladen" van het adsorptiecomplex met basische kationen en kan het dus gezien worden als een herstelmechanisme van buffercapaciteit via het kationuitwisselingscomplex.

Onder een pH van 4,5 vindt het hierboven genoemde proces van vorming van secundaire aluminosilicaten niet meer plaats maar wordt vrij Al^{3+} gevormd. Net als H^+ kan ook Al^{3+} gebonden worden aan het bodemcomplex, maar dit proces kan de toename in Al^{3+} in de bodemoplossing niet verhinderen. Belangrijk om te weten is dat (opgelost) Al^{3+} toxisch is voor veel planten en diersoorten. In dit verband is het zinvol nog iets te zeggen over de ijzerbufferrange.

Kader: De minerale motor van de bodem

Vrijwel alle kationen in de bodem komen oorspronkelijk vrij door verwering, een proces waarbij mineralen reageren met zuur. Een voorbeeld hiervan is de verwering van kaliveldspaat tot het secundaire kleimineraal kaolien, kiezelzuur en kaliumionen:

$$2\ KAlSi_3O_8 + 9\ H_2O + 2\ H^+ \rightarrow Al_2Si_2O_5(OH)_4 + 4H_4SiO_4 + 2K^+$$

Dit is ook het basale proces dat de zuurgraad in de bodem stabiel houdt in wisselwerking met het kationuitwisselingscomplex (de aan de humus en klei geadsorbeerde kationen). Verwering is een relatief langzaam proces: is het aanbod van zuur te hoog, dan houdt de verwering geen gelijke tred met het vrijkomen van basische kationen van het complex en verzuurt de bodem. Bij sterke verzuring kan het bij verwering vrijgekomen aluminium geen nieuwe kleimineralen vormen en wordt het als Al^{3+} gebonden aan het kationuitwisselingscomplex.

Mineralen zoals kaliveldspaat, albiet en muscoviet zijn de belangrijkste verweerbare mineralen met basische kationen (K, Ca, Mg en Na) in de Nederlandse zandbodem. Het zeer resistente kwarts (SiO_2) bevat geen van deze elementen, maar maakt wel 80 - 90 % van de Nederlandse minerale zandbodem uit. Op sommige plekken zoals de Strabrechtse heide is dit zelfs meer dan 95 %. Dit verklaart ook meteen waarom deze zandbodems zo gevoelig zijn voor verzuring.

Verwering is een proces dat van nature in bodems optreedt door koolzuurproductie door plantenwortels en micro-organismen. Alle bodems verouderen en hun mineralen verweren. Normaal gaat dit met een tempo van ongeveer 2,5 kg/ha/jaar. Door de zeer hoge verzurende depositie van de afgelopen eeuw is dit echter regionaal opgelopen sterk opgelopen. Hierdoor heeft in korte tijd een significante reductie plaatsgevonden van 10-50% van het aan mineralen gerelateerde vermogen om basische kationen te leveren voor het herstel van het bodemadsorptiecomplex (Bergsma *et al.*, 2016; 2018). Voor veel bodems in het droge zandlandschap betekent dit dat onder de huidige N-depositie geen spontaan herstel mogelijk is zonder aanvulling van mineralen.

1.2 Focus huidig onderzoek

Het herstellen van de natuurlijke (zwakke tot matig zwakke) buffercapaciteit van West-Europese heidebodems is een essentiële maatregel om de biodiversiteit van droge heideterreinen te herstellen. Een kansrijke, steeds meer onderzochte, aanpak is om de gevolgen van bodemverzuring tegen te gaan door het verhogen van het zuurbufferend kapitaal (verhogen van de fractie aan mineralen met basische kationen in de bodem). In de laatste 10-25 jaar werd het aanvullen van de bufferende bodemmineralen kleinschalig uitgevoerd door het opbrengen van kalk of Dolokal (gemalen dolomiet). Dit bleek zeker succesvol te zijn, met name in combinatie met kleinschalig plaggen (De Graaf *et al.*, 1998; Bobbink *et al.*, 2004; Dorland *et al.*, 2004, 2005) en dit effect is na 25 jaar nog terug te zien in de bodem en de vegetatiesamenstelling (van der Zee *et al.*, 2017). Een nadeel van hoge Dolokalgift (>3 ton/ha) is echter dat het, naast het relatief eenzijdig aanvullen van de kationen Ca en Mg in de bodem, ook een (sterk) effect kan hebben op de bodem-pH, en dus niet geschikt lijkt te zijn voor toepassing in situaties met veel organische stof in de bodem (Siepel et al., 2019). De verhoging van de bodem-pH heeft namelijk als risico dat de afbraak van opgebouwd organisch materiaal versneld wordt. Hierdoor kunnen te veel nutriënten tegelijkertijd in het systeem beschikbaar komen met verruiging van de vegetatie tot gevolg, bij Dolokal gift beneden 3 ton/ha werd dit binnen 6 jaar na toediening in vochtige heide echter niet aangetoond (Wallis de Vries et al., 2019). Het verwijderen van het organische materiaal voordat Dolokal wordt opgebracht heeft echter ook negatieve gevolgen voor de nutriëntbalans van de bodem, wat negatieve effecten uitoefent op veel karakteristieke soorten van het heidelandschap (flora, fauna, maar ook veel vochtminnende mossoorten), waardoor het zeker niet wenselijk is om het gehele areaal aan heidebodems te plaggen (Vogels et al., 2016; 2017, 2019). Voor bufferherstel van heidebodems met behoud van organische stof is daarom een andere strategie nodig. Het opbrengen van steenmeel is een kansrijk alternatief aangezien verwacht wordt dat de pH van de bodem minder sterk en meer geleidelijk zal stijgen. Ook heeft steenmeel de potentie om tot een bufferherstel te komen dat meer "systeem eigen" is. Door de juiste soort steenmeel op te brengen, d.w.z. steenmeel dat mineralogisch zo veel mogelijk aansluit op het moedermateriaal van het terrein, wordt zo veel mogelijk geprobeerd om de oorspronkelijke mineralenvoorraad - met basische kationen! - te herstellen, met een geleidelijke en kleinere pH-stijging van de bodem, zodat het ook kan worden uitgevoerd zonder te plaggen of chopperen.

In 2014 werd gestart met een onderzoek naar effecten van het toedienen van steenmeel in droge heide (H4030) en natte heide (H4010) en hoe dit in de praktijk het beste uitgevoerd kan worden (Weijters et al., 2017, 2018). Na twee effectjaren lieten de verschillende opgebrachte typen steenmeel positieve effecten op de bodemchemie (toename van de basenverzadiging) zien. De reacties tussen de onderzoeklocaties waren echter niet eenduidig. Ook werden de eerste positieve effecten op de plantchemie van de dominante soorten gemeten en werden er geen negatieve effecten in N, P of zware metalen in bodem waargenomen. Eveneens werd vastgesteld dat er na twee jaar geen negatieve effecten of op de bodem bewonende fauna waren opgetreden als gevolg van steenmeeltoediening, en werd er bij 1 type steenmeel (Biolit) een positief effect van toediening herbivore fauna vastgesteld, een teken dat hier een verbetering van de voedselkwaliteit opgetreden had. Er werden nog geen duidelijke effecten van steenmeel gemeten op de vegetatiesamenstelling. Om het toedienen van steenmeel op praktijkschaal verantwoord uit te kunnen voeren, zijn deze resultaten van de korte termijneffecten echter niet voldoende. Ecologische processen verlopen langzaam tot zeer langzaam in voedselarme ecosystemen als droge heide. Verschuivingen in vegetatie zullen bijvoorbeeld veel langzamer verlopen via veranderingen concurrentieverhoudingen, en zullen daarom niet binnen twee jaar zichtbaar zijn. Evenmin is bekend hoe het steenmeel zich in de bodem gedraagt na enkele jaren: vlakt de verweringssnelheid af, of treedt er juist een versnelling op? Hoe houdt dit verband met de chemische samenstelling van de vegetatie? Reageren herbivoren na verloop van tijd sterker of juist minder sterk op deze veranderingen? Vervolgmonitoring van deze indicatoren is dus essentieel voor het verkrijgen van inzicht in de risico's, de effectiviteit en de toepasbaarheid

van experimentele herstelmaatregelen zoals de toediening van steenmeel. Een monitoringsperiode van 5-6 jaar is dan ook bijna altijd nodig geweest om tot praktijkrijpe herstelmaatregelen binnen EGM/OBN te komen (Bobbink et al., 2004).

1.3 Het project

Deze rapportage behandelt de resultaten verkregen uit het vervolgproject "Monitoring PAS Herstelmaatregel steenmeel op Strabrechtse heide te Strabrechtse heide (C2211146/4236820)". Het betreft een vervolg op het al afgeronde project "Ontwikkeling praktijkgerichte maatregelen voor het herstel van droge heide in de provincie Noord-Brabant - Effectiviteit van slow-release mineralengiften op de kwaliteit van bodem, vegetatie en fauna (C2145792/3591327)".

Beide projecten werden uitgevoerd binnen de subsidieregeling Biodiversiteit en leefgebieden Noord-Brabant van de provincie Noord-Brabant. Deze projecten hebben als doel de volgende hoofdvraag te beantwoorden: **Welk steenmeel is geschikt om gedegradeerde verzuurde droge heidesystemen langdurig te herstellen? En is dit steenmeel geschikt om in de praktijk grootschalig te gaan uittesten?**

Hiertoe worden de volgende deelvragen beantwoord:

1. Welke soort steenmeel is geschikt voor herstel van de mineralogie van de Brabantse droge heide (o.a. de Strabrechtse Heide)? Is de gekozen dosering van 10 ton/ha geschikt om de bodem duurzaam te herstellen?
2. Wat zijn de effecten van het toedienen van het steenmeel op:
    a. de bodemchemie
    b. de vegetatiechemie
    c. de vegetatiesamenstelling en paddenstoelen
    d. de fauna
3. Welke methode levert na vijf effectjaren het beste resultaat?
   Het doel van de herstelmaatregelen zijn het tegengaan van de negatieve effecten van bodemverzuring, het verbeteren van de vegetatiesamenstelling en -kwaliteit, met als doel het vergroten van de kenmerkende biodiversiteit (vegetatie en fauna) van de droge heide.

1.4 Leeswijzer

In deze rapportage ligt de nadruk op de resultaten vijf jaar na opstarten van het experiment. Een uitgebreide beschrijving van de proefopzet en proeflocaties is beschreven in de eindrapportage van het project "Ontwikkeling praktijkgerichte maatregelen voor het herstel van droge heide in de provincie Noord-Brabant - Effectiviteit van slow-release mineralengiften op de kwaliteit van bodem, vegetatie en fauna" (Weijters *et al.*, 2017), en daarom als bijlage in deze rapportage bijgevoegd.
In deze rapportage is eerst ingegaan op de achtergrond en probleemstelling (Hoofdstuk 1). In het tweede hoofdstuk wordt de proefopzet van het experiment kort samengevat. Vervolgens wordt ingegaan op de resultaten van de behandelingen na vijf groeiseizoenen op bodemchemie (Hoofdstuk 3), plantchemie (Hoofdstuk 4), vegetatiesamenstelling (Hoofdstuk 5), paddenstoelen (Hoofdstuk 6) en fauna (Hoofdstuk 7). In het achtste hoofdstuk staan de conclusies en praktijkadvies beschreven om te eindigen met de gebruikte literatuur (H9).

2 Beschrijving experiment

2.1 Opzet praktijkexperiment

Het experiment werd uitgevoerd op (lang) niet geplagde heideterreinen met een oude heidevegetatie en oude, intacte heidebodem. Er werd voorafgaand aan het experiment dus niet geplagd, gemaaid of gechopperd. Na het bepalen van de proeflocaties werd de mineralogie in kaart gebracht, en op basis hiervan werden de behandelingen en de soorten steenmeel gekozen en de dosering bepaald (Weijters et al., 2015). Bij de keuze van de soorten steenmeel werd rekening gehouden dat deze geen hoge concentraties van mogelijk schadelijke stoffen bevatten, zoals nikkel of zink. Het steenmeel Biolit bevat circa 10% calciumcarbonaat en relatief veel P. Van het steenmeel Biolit werden 2 malingen geselecteerd (100 en 200 µm) om het verschil in verweringssnelheid van een fijne en grovere maling te onderzoeken. Het steenmeel Biolit bevat relatief veel magnesium, terwijl Lavagruis en Soilfeed meer kalium bevatten. Er werd voor het steenmeel Lavagruis gekozen omdat het qua samenstelling goed vergelijkbaar is met het commercieel makkelijk verkrijgbare Eifelgold, alleen veel goedkoper. Het steenmeel Lavagruis is veel grover dan de andere soorten steenmelen (15µm) en bevat relatief veel P in vergelijking met Soilfeed en Dolokal. De samenstelling van de geselecteerde steenmeel-soorten is weergegeven in Tabel 2.1:

Tabel 2.1. Samenstelling van de geselecteerde soorten steenmeel en Dolokal, gehaltes in mmol/kg droog materiaal op basis van magnetron destructie.

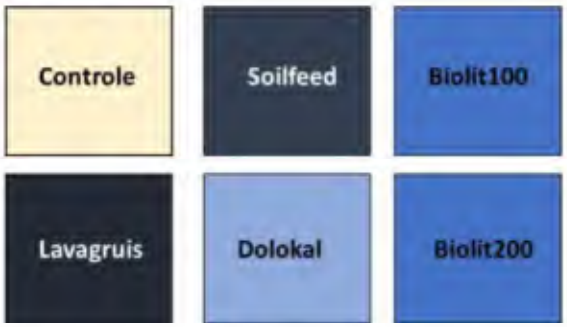
mmol/kg droog materiaal	Dolokal	Biolit 100	Biolit 200	Lavagruis	Soilfeed (voorheen Lurgi)
Al	42	926	1068	1407	1497
Ca	5129	684	718	262	276
K	2,5	54	55	567	324
Mg	4653	1022	1100	636	178
P	2,9	93,7	109	70,0	21,0
Mn	10,5	19,9	20,9	6,6	5,3

Er werden vijf proeflocaties ingericht, ieder bestaande uit zes behandel-vlakken van 10 bij 10 m groot (Figuur 2.1 en 2.2). De proefblokken op Strabrecht lagen deels binnen de begrazingseenheid met Schotse hooglanders (blokken 1, 2 en 3) en deels daarbuiten (blokken 4 en 5). Aanvullende informatie over de proeflocatie is weergegeven in Bijlage 1. Voordat de behandelingen werden opgebracht werd de bodemchemie gemeten in alle proefvlakken van het experiment, (de zogenaamde 0-meting in november 2014). Vervolgens werden per toeval de behandelingen aan de proefvlakken toegewezen. Het steenmeel en Dolokal werd op 24+25 november 2014 handmatig opgebracht (Figuur 2.3). De doseringen werden eenmalig toegediend en niet in de bodem ondergewerkt.

Op de proefvlakken werden de volgende behandelingen opgebracht:

	Opgebracht in 10 m * 10 m
Controle	0
Biolit 100 µm	10 ton/ha
Biolit 200 µm	10 ton/ha
Lavagruis	15 ton/ha
Soilfeed	10 ton/ha
Dolokal 15% Mg	4 ton/ha

Figuur 2.1. Locatie van de vijf proef-blokken van het Noord-Brabantse experiment op Strabrecht.



Figuur 2.2. Ieder blok bestaat uit de zes hierboven weergegeven behandelingen, waarbij de behandelingen per toeval over de zes vakken zijn verdeeld. De proefvlakken zijn steeds 10m bij 10m groot. De blokken 1, 2 en 3 liggen binnen de begrazingseenheid, de blokken 4 en 5 daarbuiten.

Figuur 2.3. Links een proefvlak op Strabrecht vlak na het toedienen van het steenmeel op 24 november 2014. Rechts: het steenmeel wordt handmatig opgebracht.

Na het opbrengen van de behandelingen werden de ontwikkelingen in de bodemchemie, plantchemie, vegetatie-samenstelling en fauna gevolgd. De metingen zijn weergegeven in Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Uitgevoerde metingen in de experimenten. Wanneer er geen jaartal achter staat, zijn de metingen vanaf het begin jaarlijks uitgevoerd. Wanneer er wel een jaartal wordt genoemd, betekent dit dat deze specifieke metingen alleen in de vermelde jaren zijn uitgevoerd.

Bodemchemie (0-10 cm, in 2019 0-10 cm en 10-20 cm)	• Organisch stof en massavolume • pH, plantbeschikbare kationen (Ca, K, Mg) en stikstof (NH4 en NO3) • Plantbeschikbaar Al • Plantbeschikbaar fosfaat • Totaalgehaltes Ca, K, Mg en P • CEC en Basenverzadiging
Vegetatie en paddenstoelen	• Plantchemie Struikhei en Bochtige smele • Samenstelling vegetatie • Samenstelling paddenstoelen (2019)
Fauna	• Faunadichtheid sleepnet (2015+2016) • Loopkevers (2016+2018+2019) • (larven en imago's van) tweevleugeligen (2018+2019)

3 Bodemchemie

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de bodemchemische metingen besproken, nadat eerst de methodiek van de bodemanalyses is beschreven. Hierbij is dezelfde methode gebruikt als in de eerste drie jaar van het onderzoek (Weijters *et al.*, 2018). Wel is de frequentie van bemonstering veranderd naar 1x per twee jaar (2019) en is in dit vijfde effectjaar de bodem van twee dieptes verzameld (0-10 en 10-20 cm). In dit experiment liggen drie series van proefvlakken in een voor Schotse hooglanders toegankelijk terreingedeelte, terwijl de overige twee series van proefvlakken buiten de begrazingszone zijn gelegen. In dit rapport worden de resultaten van de bodemchemie vanwege verschillen tussen de begraasde en onbegraasde series alleen voor de begraasde series getoetst. De bodemchemische dataset is weergegeven in bijlage 2. Het zomerseizoen van 2018 was een uitzonderlijk droog jaar en heeft met name invloed gehad op de anorganische stikstofconcentraties en beschikbare kaliumconcentraties in de bodem (Bobbink, 2019). In 2019 waren de concentraties van de controle weer vergelijkbaar met voor de droogte (2017), daarom worden de resultaten van 2018 niet getoond.

3.2 Methodiek

3.2.1 Bemonstering van de bodem

De bodem werd verzameld op een diepte van 0-10 cm onder maaiveld en in het vijfde meetjaar (oktober 2019) ook op een diepte van 10-20 cm onder maaiveld. Van alle behandelingen en replica's werden 3 deelbodemmonsters verzameld die werden gemengd, verpakt, getransporteerd en gekoeld bewaard. Vervolgens werden de bodemmonsters geanalyseerd.

De volgende parameters werden bepaald aan de bodemmonsters:

- Organisch stofgehalte ("Loss of ignition")
- Massavolume (maat voor de bulk-density)
- Extractie met zout (0,2M NaCl) waarbij de pH werd bepaald en de concentratie plantbeschikbaar Ca, K, Mg, Mn, Fe, Zn, Si, S, P, Al en de concentratie ammonium
- Extractie met demiwater waarbij de concentratie nitraat werd bepaald
- Extractie met Strontium (0,2M SrCl) waarbij de Cation Exchange Capacity (CEC) en de basenverzadiging van de bodem werden bepaald.
- Olsen-extractie als maat voor plantbeschikbaar P. Bij de Olsen-extractie werd de hoeveelheid plantbeschikbaar-P vrijgemaakt door verdringing van P door bicarbonaat. Tevens worden met deze methode ijzer- en aluminiumhydroxides gehydroliseerd waardoor geadsorbeerd P vrijkomt.
- C/N-analyse. Hiermee werd de totaalconcentratie N bepaald en de verhouding tussen C en N, die vaak samenhangt met de afbraaksnelheid van organische stof. Gecombineerd met de gegevens uit de demiwater- en zoutextracties werd tevens de hoeveelheid organisch stikstof rekenkundig bepaald. Daarnaast werd de zogenaamde C:N ratio berekend.
- Destructie voor totalen aan elementen P, Al, Fe, S, Si, Na, K, Ca, Mg, Mn, Zn.

3.2.2 Bewerking van de bodemmonsters

Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid

Het vochtpercentage van het verse bodemmateriaal werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 48 uur bij 60°C. Omdat de bakjes precies tot aan de rand werden afgevuld (volume = 40 ml) konden later ook de concentraties worden omgerekend

naar mol per liter bodemvolume. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Bodemdestructie
Door het bodemmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogd materiaal afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het materiaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2, 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milli Q water. Het destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Olsenextractie
Plantenbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie bepaald (Olsen *et al.*, 1954). Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol/l natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4°C bewaard tot verdere analyse.

Zoutextractie en waterextractie
In de water- en zoutextracten werd eerst pH van de bodem bepaald. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2M NaCl) of 50 ml demiwater gedurende 120 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het supernatant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard bij 4°C tot verdere analyse. Vervolgens werd de hoeveelheid NO_3, NH_4, Al en Ca bepaald, alsmede de hoeveelheid P en kationen, gemeten in het extract op de ICP en Autoanalyser.

Strontiumextractie
Met een strontiumextractie werd de totale concentratie uitwisselbare ionen bepaald, de kationuitwisselingscapaciteit en de basenverzadiging. Hiervoor werd vers materiaal ingewogen overeenkomstig met 5 gram droog materiaal (minerale bodems) en met 200 ml strontiumchloride (0,2 M SrCl), geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met HQD pH-electrode. Het supernatant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard bij 4°C tot verdere analyse. Voor analyse van NH_4 op de auto-analyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

C/N analyse bodemmateriaal
Voor de analyse van de totale hoeveelheid koolstof en stikstof werd een deel van het verzamelde bodemmateriaal fijngemalen in een kogelmaler. Afhankelijk van het soortelijk gewicht van het materiaal en de verwachtte concentraties, werd een kleine hoeveelheid (3-40 mg) van het gemalen materiaal in een tinnen container afgewogen, waarna het in een CNS-elementenanalyzer (EA NA 1500 en EA100 van Carlo Erba-Thermo Fisher Scientific) werd geanalyseerd.

60244 0033

3.2.3 *Analyses*

Elementenanalyse (ICP en Autoanalyzers)
De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) in bodemextracten en destruaten werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific, of ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat ($NO3^-$), ammonium ($NH4^+$) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl^-) werd colorimetrisch bepaald met een Technicon auto-analyzer III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

Statistische analyse
Verschillen tussen behandelingen in bodemchemie werden getoetst in R Studio versie 3.6.3 middels een Generalized linear mixed model fit by maximum likelihood (Laplace Approximation) [glmerMod] Family: Gamma (identity) of Gamma (log). Vanwege (soms grote) verschillen in de begraasde en onbegraasde proefvlakken werden alleen de begraasde proefvlakken getoetst en was het aantal replica's 3. In deze rapportage werden daarnaast ook de resultaten per meetjaar getoetst, en werden de behandel-effecten vergeleken met de onbehandelde controle van datzelfde jaar. De toedieningen werden als Fixed-factor in het model meegenomen, de proefvlakken als random-factor. Daarnaast werden ook de resultaten van alle jaren samen getoetst met de behandelingen als Fixed-factor en tijd, de proefvlakken en begrazing als random-factor.

3.3 Bodembuffering en pH

pH_{NaCl} en basenverzadiging
Het opladen van het adsorptiecomplex met basen (Ca, K en Mg) en daarmee het verhogen van de basenverzadiging is één van de doelen van het opbrengen van steenmeel. Door middel van het opbrengen van gemalen silicaten wordt geprobeerd om de bodem veelzijdiger aan te vullen dan het geval is bij kalk of dolomiet.

Lavagruis en Soilfeed
Bij aanvang van de proef was de bodem pH_{NaCl} in zowel de niet behandelde controle als de proefvlakken die later met Lavagruis en Soilfeed behandeld werden laag, met een pH_{NaCl} van 3,1 (Figuur 3.1). Alleen in het tweede meetjaar werd een lichte toename in de pH_{NaCl} gemeten in de met Lavagruis en Soilfeed behandelde proefvlakken (pH_{NaCl} 3,3 in de met steenmeel behandelde proefvlakken tegen 3,2 in de onbehandelde controle). Dit verschil was echter niet meer zichtbaar in het derde, vierde en vijfde effectjaar.
De toediening van Lavagruis leidde niet tot effecten op de CEC of tot hogere concentraties uitwisselbaar Ca, K of Mg in de bodem (Bijlage 2). Logischerwijs bleef de basenverzadiging daardoor gedurende het experiment vergelijkbaar met de controle. In het vijfde effectjaar was de basenverzadiging gemeten in de toplaag van de bodem (0-10 cm) gemiddeld 18% in de met Lavagruis behandelde proefvlakken, tegen 17% in de controle (Figuur 3.1). Het toedienen van Soilfeed leidde niet tot effecten op de CEC. In de met Soilfeed behandelde proefvlakken steeg de basenverzadiging in het tweede effectjaar met 8% (p=0,04), 0.3x hoger ten opzichte van de controle. Dit verschil was echter niet meer zichtbaar in het derde, vierde en vijfde effectjaar. In het vijfde effectjaar werden hogere uitwisselbare Ca en K-concentraties gemeten t.o.v. de controle, echter niet significant. In het vijfde effectjaar werd een basenverzadiging gemeten van gemiddeld 23% in de met Soilfeed behandelde proefvlakken.

Ook getoetst over de vijf onderzoekjaren samen, bleek dat het toedienen van Lavagruis en Soilfeed weliswaar tot een toename in de pH_{NaCl} (respectievelijk 0,12 en 0,13 pH-eenheden), uitwisselbare K-concentratie aan het complex (respectievelijk 295 en 394 µmol/kg bodem) en basenverzadiging (respectievelijk 0,8 en 4,8%) zorgden (Tabel 3.1). Met de toediening van Soilfeed werd echter ook een toename van de uitwisselbare Al-concentratie aan het complex gemeten (respectievelijk 1078 µmol/kg bodem, een toename van bijna 30% ten opzichte van de controle).

Biolit100 en Biolit200

Bij aanvang van de proef was de bodem pH_{NaCl} ook in de proefvlakken die later met Biolit 100 en 200 behandeld werden laag, met een pH_{NaCl} van 3,1 (Figuur 3.1). In de Biolit100-behandeling nam de pH_{NaCl} in het tweede effectjaar 0,4 eenheden toe ($p<0,01$) tot 3,5 en bleef gedurende de proef 0,2 pH-eenheden hoger ten opzichte van de controle. Ook in de Biolit200-behandeling nam de pH_{NaCl} in het tweede effectjaar 0,3 eenheden toe ($p=0,02$), maar verschilde in de jaren daarna niet meer van de controle.

Het toedienen van Biolit100 en 200 leidde niet tot veranderingen in de CEC. In de Biolit100-behandeling nam de basenverzadiging in het tweede effectjaar 17% toe, bijna een verdubbeling ten opzichte van de controle ($p<0,01$). Deze toename was een resultaat van hogere uitwisselbare Ca- en Mg-concentraties in de bodem van de Biolit100-behandeling. Gedurende de proef bleef het verschil in basenverzadiging ten opzichte van de controle aanwezig. In de Biolit200-behandeling nam de basenverzadiging in het tweede effectjaar ook 14% toe ten opzichte van de controle ($p<0,01$) en bleef dit verschil gedurende de looptijd van de proef bestaan.

Getoetst over de vijf onderzoekjaren samen, bleek de additie van Biolit100 en 200 tot een toename in de pH_{NaCl} van bijna 0,3 pH-eenheden te zorgen ($p=0,05$), een duidelijke toename van Ca en Mg aan het complex en dus een toename in de basenverzadiging van 17,9% (Biolit 100) en 12% (Biolit 200) ten opzichte van de controle (Tabel 3.1).

Dolokal

In de behandeling met 4 ton Dolokal/ha steeg de bodem pH_{NaCl} binnen de eerste twee effectjaren van 3,1 naar 3,9 (een toename van 25%) en bleef de pH_{NaCl} hoog tot aan het vijfde effectjaar (Figuur 3.1). Het toedienen van Dolokal leidde niet tot veranderingen in de CEC. Door een significante toename van de uitwisselbare Ca- en Mg-concentratie werd in de Dolokal-behandeling vanaf het eerste effectjaar een toename van de basenverzadiging gemeten van 36% en de basenverzadiging nam in de jaren daarna nog licht toe. In het vijfde effectjaar was de basenverzadiging 69% in de met Dolokal-behandelde proefvlakken tegen 17% in de controle, een verviervoudiging ervan. Er werden gedurende het experiment geen effecten van Dolokal gemeten op de uitwisselbare K-concentratie in de bodem. Getoetst over de vijf onderzoekjaren van deze proef, zorgde het toedienen van 4 ton Dolokal/ha ervoor dat de pH_{NaCl} met 0,8 pH-eenheden steeg en de basenverzadiging met 37% vergeleken met de onbehandelde controle (Tabel 3.1).

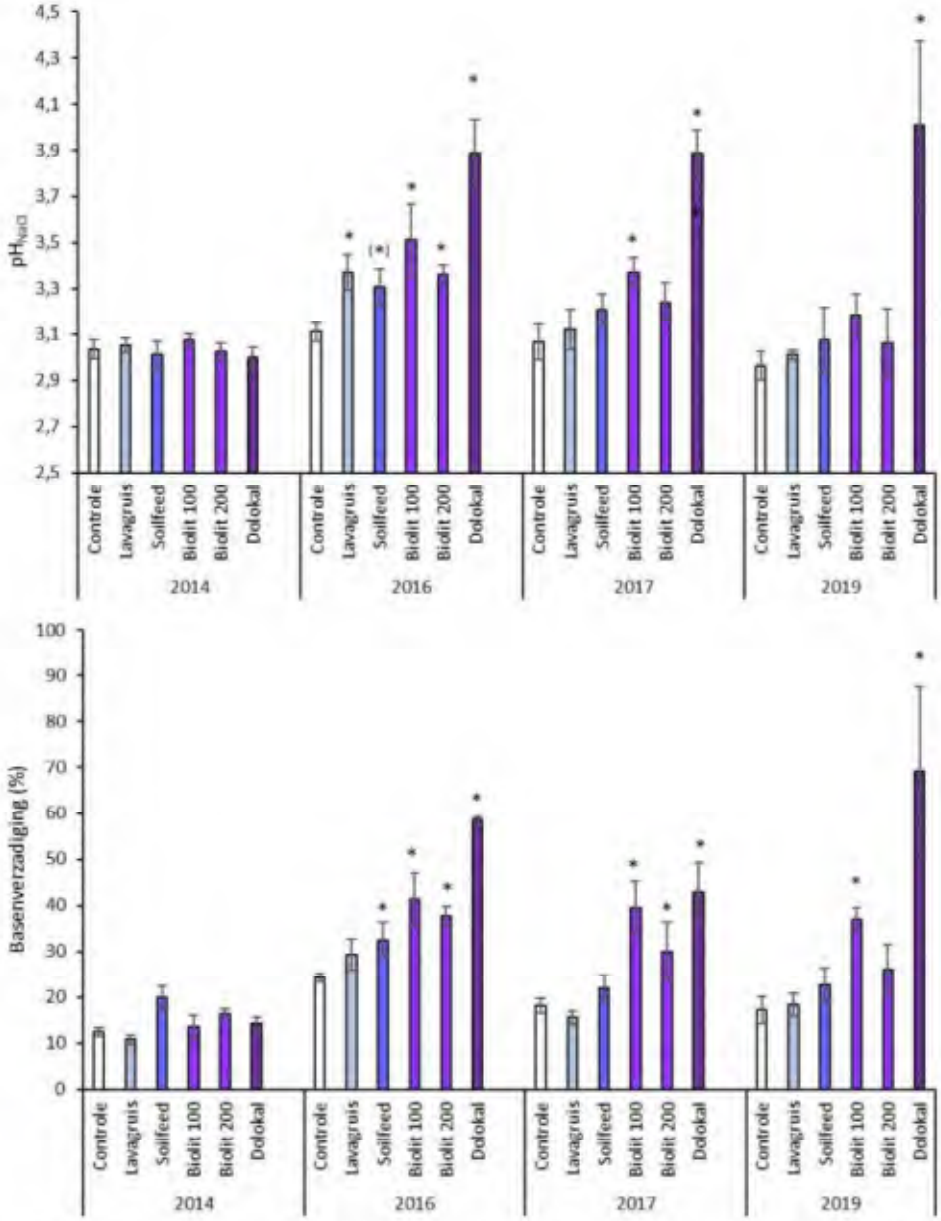
Tabel 3.1a. GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de pH_{NaCl}, CEC in meq/kg en BV in procenten. *;**;***: significant verschil van p= 0.05; 0.01 en 0.001.

	pH_{NaCl}		CEC		BV	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
Intercept	3,06 (0,12)	25,18***	43,91 (6,53)	6,73***	29,97 (7,11)	4,21***
Lavagruis	0,12 (0,11)	1,08	-1,66 (5,30)	-0,31	0,76 (3,79)	0,20
Soilfeed	0,13 (0,11)	1,13	1,70 (5,45)	0,31	4,75 (3,81)	1,25
Biolit100	0,25 (0,11)	2,23*	-1,97(5,31)	-0,37	17,86 (4,04)	4,42***
Biolit200	0,27 (0,11)	2,37*	0,86 (5,38)	0,16	12,00 (3,96)	3,03**
Dolokal	0,81 (0,12)	7,02***	4,90 (5,55)	0,88	36,75 (4,67)	7,86***

60244 0033

Tabel 3.1b. GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de uitwisselbare Ca, K, Mg en Al-concentratie in µmol/kg bodem. *;**;***: significant verschil van p= 0.05; 0.01 en 0.001.

	Uitwisselbaar Ca		Uitwisselbaar K		Uitwisselbaar Mg		Uitwisselbaar Al	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
Intercept	3404 (497,4)	6,84***	538 (91,2)	5,90***	1002 (168,2)	5,96***	3642 (80,1)	45,46***
Lavagruis	-217 (530,4)	-0,41	295 (110,3)	2,67**	122 (76,3)	1,60	346 (215,5)	1,61
Soilfeed	1191 (669,7)	1,78(*)	394 (110,5)	3,57***	85 (70,0)	1,22	1078 (87,1)	12,37***
Biolit100	2374 (797,8)	2,98**	23 (82,0)	0,28	1572 (155,7)	10,09***	-707 (141,6)	-4,99***
Biolit200	1534 (706,1)	2,17*	-80 (89,2)	-0,89	1256 (145,3)	8,64***	-130 (78,4)	-1,66(*)
Dolokal	5675 (1178,9)	4,81***	61 (110,0)	0,56	5155 (248,6)	20,73***	-1023 (92,1)	-11,11***



*Figuur 3.1. pH_{NaCl} uit het zoutextract en percentage basenverzadiging gemeten in het SrCl-extract in de bovenste 10 cm van de bodem per behandeling voor de nulmeting (2014), het tweede (2016), het derde (2017) en vijfde effectjaar (2019). Gemiddelde ± standaardfout, * = significant (p<0,05) verschil t.o.v. de controle van datzelfde jaar, (*) = bijna significant (0,05<p>0,1) verschil t.o.v. de controle, n=3.*

Beschikbare concentraties kationen

Lavagruis en Soilfeed

In de met Lavagruis behandelde proefvlakken werden gedurende de looptijd van de proef geen verschillen gemeten in de beschikbare Ca- en Mg-concentraties in de bodem van de begraasde proefvlakken en de controle (Figuur 3.2). In het vijfde effectjaar werd een beschikbare Ca-concentratie gemeten van 1922 in de met Lavagruis behandelde proefvlakken tegen 1854 µmol/kg in de onbehandelde controle en een beschikbare Mg-concentratie van 1091 tegen 854 µmol/kg in de controle. Ook getoetst over de gehele looptijd werden er geen verschillen ten opzichte van de controle gemeten (Tabel 3.2).

In de met Soilfeed behandelde proefvlakken werden de eerste vier jaar van de proef geen verschillen gemeten in de beschikbare Ca en Mg-concentraties in de bodem. In het vijfde effectjaar werd een toename in de beschikbaarheid van Ca gemeten ($p<0,01$), deze steeg van 1854 µmol/kg in de controle naar gemiddeld 4052 µmol/kg in de met Soilfeed behandelde proefvlakken, meer dan 2x keer zoveel als in de controle. Ook de beschikbare Mg-concentratie in de bodem steeg in het vijfde effectjaar van gemiddeld 845 µmol/kg in de controle naar 1557 µmol/kg in de Soilfeed-behandeling ($p<0,01$), ook bijna een verdubbeling. Ook gemeten over de gehele looptijd van de proef werd een duidelijke toename in de beschikbare calciumconcentratie gemeten (Tabel 3.2) van 850 µmol beschikbaar Ca/kg bodem, en 90 µmol beschikbaar Mg/kg bodem.

De steenmelen Lavagruis en Soilfeed bevatten vergeleken met Biolit en Dolokal een hoog aandeel kaliumleverende mineralen (Tabel 2.1). Vanaf het tweede meetjaar werden al wat hogere concentraties kalium in de bodem gemeten echter niet significant. In 2019, na vijf groeiseizoenen, werd er een significant hogere beschikbare K-concentratie gemeten in de bodem van de met Lavagruis ($p=0,03$) en Soilfeed ($p=0,02$) behandelde begraasde proefvlakken van respectievelijk 829 en 901 µmol/kg tegen 415 µmol/kg in de controle (Figuur 3.2), een verdubbeling ten opzichte van de controle. Getoetst over de gehele looptijd van de proef (vijf jaren samen, Tabel 3.2), werd ook een significante toename in de kaliumbeschikbaarheid gemeten in de met Lavagruis (347 µmol K/kg bodem, $p=0.001$) en Soilfeed (202 mol/kg bodem, $p=0.01$) behandelde proefvlakken vergeleken met de onbehandelde controle.

Biolit100 en Biolit200

In de Biolit100 en 200-behandeling werd vanaf het tweede effectjaar een hogere beschikbare Ca-concentratie ($p=0,01$ en $p=0,02$) in de bodem van de begraasde proefvlakken gemeten (Figuur 3.1). Een uitzondering was het derde effectjaar waarin het verschil tussen de controle en beide Biolit-behandelingen niet meer significant was. In het vijfde effectjaar werden in de Biolit100 en 200-behandelingen wel weer duidelijk hogere Ca-concentraties gemeten, van 3682 en 3232 µmol/kg bodem, een verdubbeling ten opzichte van de controle in datzelfde jaar ($p<0,01$). Het toegediende Biolit bevatte naast calcium ook redelijk wat magnesium (Tabel 2.1). In beide Biolit-behandelingen steeg de beschikbare Mg-concentratie in de begraasde proefvlakken binnen de eerste twee effectjaren met 1843 ($p<0,01$) en 1385 ($p<0,01$) µmol/kg bodem, een verdrievoudiging ten opzichte van de controle. In de jaren erna bleef het verschil tussen beide Biolit-behandelingen en de controle aanwezig. Er werden per jaar los getoetst geen effecten van Biolit100 of 200 gemeten op de beschikbare K-concentratie in de bodem.

Ook getoetst over de gehele looptijd van de proef, blijkt het toedienen van Biolit voor een toename in de beschikbare calciumconcentraties te zorgen van zo'n 1220 tot 1300 µmol/kg bodem, en een vergelijkbare toename in de beschikbare magnesiumconcentraties (Tabel 3.2). Wel was er een trend zichtbaar in lagere beschikbare kaliumconcentraties in de met Biolit200 behandelde proefvlakken, en een significant lagere kaliumconcentratie in de Biolit100 behandeling. Over de gehele looptijd van de proef blijkt de beschikbare kaliumconcentratie in de met Biolit behandelde proefvlakken iets af te nemen t.o.v. de controle, een gemiddelde afname van rond de 100 µmol K/kg bodem (een afname van circa 17,5%).

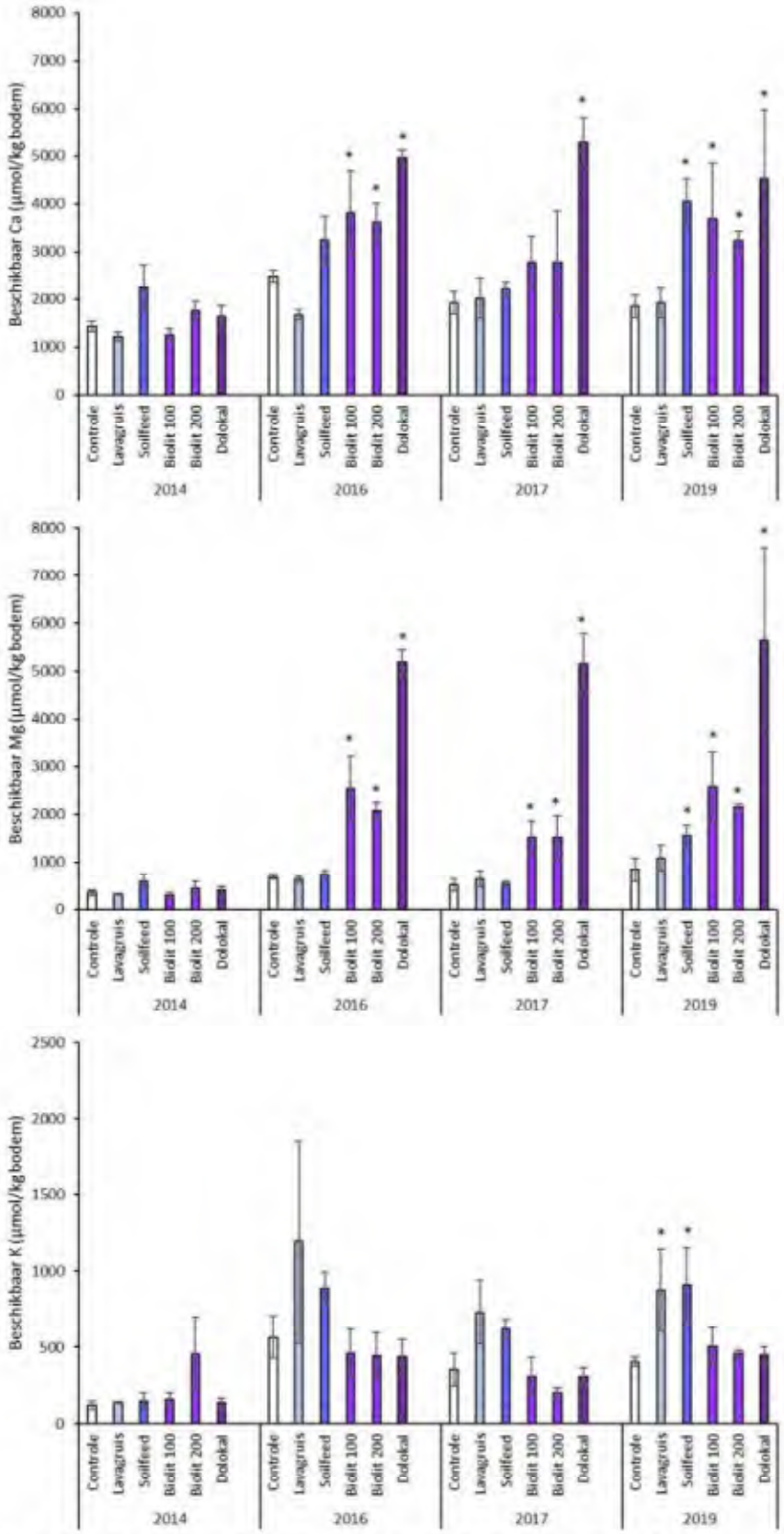
Dolokal

In de Dolokal behandeling steeg de beschikbare Ca- en Mg-concentratie in de begraasde proefvlakken binnen de eerste twee effectjaren met 2485 µmol Ca/kg ($p<0,01$) en 4492 µmol Mg/kg ($p<0,01$), een verdubbeling van de Ca en 7x zoveel Mg ten opzichte van de controle. De beschikbare Ca- en Mg-concentraties bleven in het derde, vierde en vijfde effectjaar flink hoger ten opzichte van de controle van dat jaar. Er werden geen effecten van Dolokal gemeten op de beschikbare K-concentratie in de bodem. Getoetst over de vijf onderzoekjaren nam de beschikbare calcium -en magnesiumconcentratie in de met Dolokal behandelde proefvlakken sterk toe (met 2743 µmol Ca/kg bodem en 4520 µmol Mg /kg bodem). Hoewel er ruim 7 keer zo veel calcium werd opgebracht met het Dolokal vergeleken met Biolit, was de toename in calciumbeschikbaarheid ca. twee keer zo groot. De opgebrachte hoeveelheid magnesium in het Dolokal was vier keer zo hoog vergeleken met Biolit, en de toename in beschikbaarheid ligt in dezelfde orde van grootte. Hoewel voor Dolokal geen significante afname in de kaliumbeschikbaarheid getoetst per jaar werd gemeten, is er ook hier in het vijfjarige model een lichte (niet significante) afname in de kaliumbeschikbaarheid zichtbaar (Tabel 3.2).

Tabel 3.2. GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de beschikbare Ca-, Mg- en K-concentratie in µmol/kg bodem. *;**;***: significant verschil van p= 0.05; 0.01; 0.001. (*)= trend $0,05<p>0,1$.

	Beschikbaar Ca		Beschikbaar Mg		Beschikbaar K	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
Intercept	2375 (94,7)	25,08***	833 (78,8)	10,56***	571 (74,9)	7,61***
Lavagruis	-105 (92,7)	-1,13	73 (75,2)	0,97	347 (80,0)	4,34***
Soilfeed	849 (100,8)	8,42***	90 (79,5)	1,13	202 (76,9)	2,62**
Biolit100	1203 (129,7)	9,27***	1266 (122,7)	10,31***	-128 (60,2)	-2,13*
Biolit200	1334 (121,3)	11,00***	1190 (77,7)	15,31***	-106 (63,0)	-1,68(*)
Dolokal	2743 (233,8)	11,73***	4520 (123,7)	36,54***	-87 (56,9)	-1,54

60244 0033



*Figuur 3.2. Beschikbare Ca-, Mg- en K-concentratie in µmol/kg bodem gemeten in het NaCl-extract in de bovenste 10 cm van de bodem van de begraasde proefvlakken per behandeling voor de nulmeting (2014), het tweede (2016), het derde (2017) en vijfde effectjaar (2019). Gemiddelde ± standaardfout, * = significant (p<0,05) verschil t.o.v. de controle van datzelfde jaar, (*) = bijna significant (0,05<p>0,1) verschil t.o.v. de controle, n=3.*

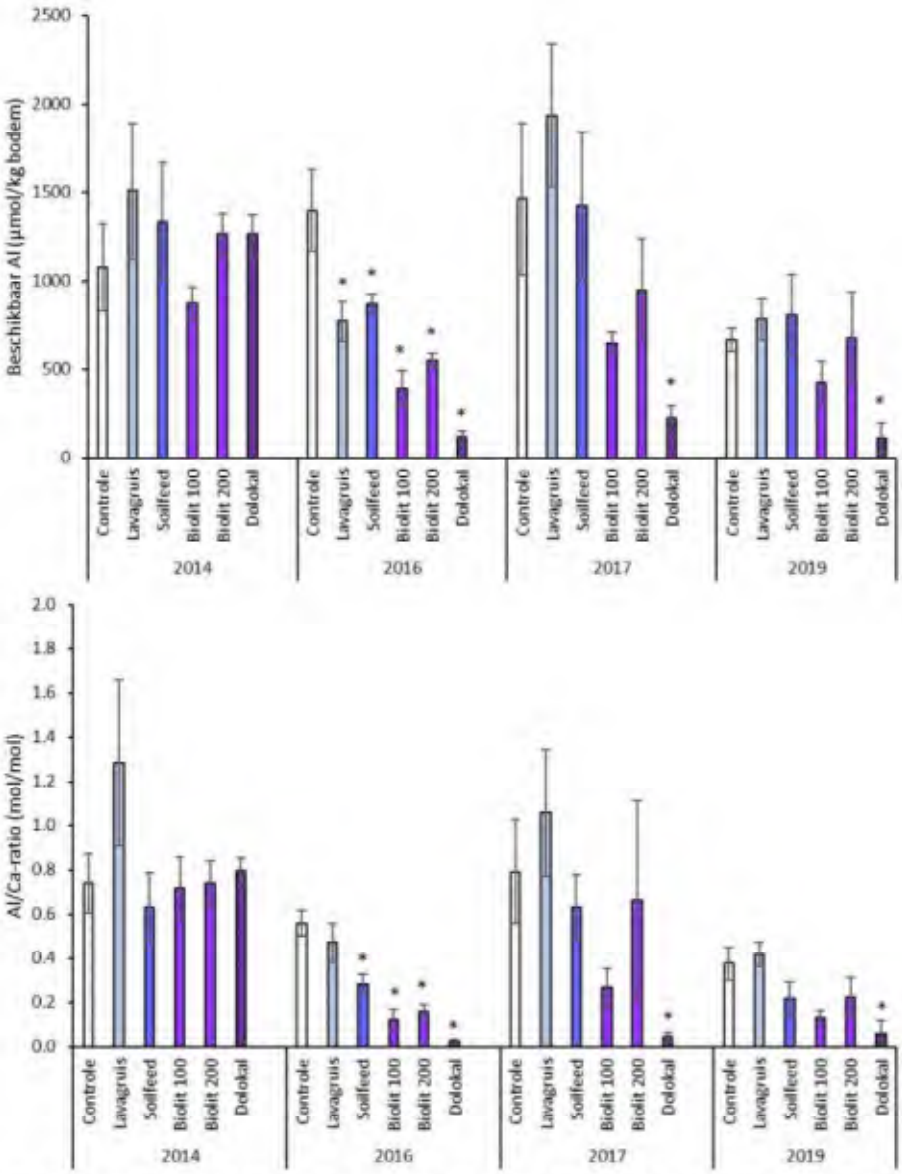
In zure, of verzuurde bodems, is de concentratie beschikbaar aluminium vooral in minerale bodemlagen hoog. Naast de verhoging van de beschikbaarheid van basische kationen is bij antiverzuringsmaatregelen met slow-release mineralen ook het verlagen van de aluminiumconcentratie essentieel. Met de toediening van Lavagruis, Soilfeed, Biolit100 en Biolit200 werden gedurende het experiment bijna geen verschillen gemeten in de beschikbare aluminiumconcentratie en de Al/Ca-ratio in de begraasde proefvlakken. Het hoge aandeel aluminium in de soorten steenmelen leidde niet tot een toename van de aluminiumbeschikbaarheid in de bodem, er werd een (zeer kleine, niet significante) verlaging gevonden, getoetst over vijf jaar (Tabel 3.3). Alleen in het tweede effectjaar was de beschikbare Al-concentratie en Al/Ca-ratio in proefvlakken met Lavagruis en Soilfeed lager (Figuur 3.3). Dit effect was vanaf het derde jaar weer weg, waarna de concentraties in de behandelde proefvlakken weer gelijk waren als in de controle. Getoetst per losstaand jaar werden er in de met Biolit behandelde proefvlakken ook alleen in het tweede jaar duidelijk lagere beschikbare aluminium gehaltes- en Al/Ca ratio's gemeten (Figuur 3.3). Getoetst over de gehele proef (Tabel 3.3) komen er uit het model wel duidelijke effecten van Biolit-toediening op de beschikbare aluminiumconcentraties en Al/Ca ratio's (afname van ca 500 µmol Al/kg bodem en een afname in de Al/Ca ratio van 0,3, beiden een afname van bijna 50% t.o.v. de controle).

In de behandeling met 4 ton Dolokal/ha daalde de beschikbare Al-concentratie binnen de eerste twee effectjaren sterk en nam af van 1263 naar 119 µmol/kg ($p<0,01$). Ook de Al/Ca-ratio daalde van 0,8 naar 0,03 mol/mol (Figuur 3.1). Vanaf het tweede meetjaar bleef de beschikbare Al-concentratie en Al/Ca-ratio lager dan in de controle. Ook uit het vijf-jaren model (Tabel 3.3) komt deze afname duidelijk tot uiting, met een afname in de beschikbare Al-concentratie van 876 µmol/kg bodem en een afname in de Al/Ca ratio van 3,8.

Tabel 3.3. GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de beschikbare Al-concentratie in µmol/kg bodem en Al/Ca-ratio in mol/mol. *;**;***: significant verschil van p= 0.05; 0.01; 0.001. (*)= trend 0,05<p>0,1.

	Beschikbaar Al		Al/Ca-ratio	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
Intercept	1139 (86,8)	13,12***	0,50 (0,09)	5,27***
Lavagruis	-48 (100,4)	-0,48	0,02 (0,12)	0,17
Soilfeed	-101 (105,4)	-0,96	-0,15 (0,10)	-1,49
Biolit100	-569 (78,5)	-7,24***	-0,30 (0,09)	-3,40***
Biolit200	-490 (92,2)	-5,32***	-0,28 (0,09)	-3,15**
Dolokal	-876 (77,7)	-11,26***	-0,38 (0,08)	-4,47***

60244 0033



*Figuur 3.3. Beschikbare Al-concentratie in µmol/kg bodem en Al/Ca-ratio gemeten in het NaCl-extract in de bovenste 10 cm van de bodem van de begraasde proefvlakken per behandeling voor de nulmeting (2014), het tweede (2016), het derde (2017) en vijfde effectjaar (2019). Gemiddelde ± standaardfout, * = significant ($p<0,05$) verschil t.o.v. de controle van datzelfde jaar, (*) = bijna significant ($0,05<p>0,1$) verschil t.o.v. de controle, n=3.*

3.4 Beschikbaar N en P

Met het toedienen van bufferstoffen als anti-verzuringsmaatregel op niet-geplagde, organische heidebodems met een organisch stofpercentage van gemiddeld 7,7% bestaan er zorgen over het vrijkomen van nutriënten (N en P). Bij aanvang van de proef waren de anorganische stikstofconcentraties in de bodem van de proefvlakken over het algemeen laag, met NH_4-concentraties lager dan 200 µmol/kg bodem en NO_3-concentraties lager dan 50 µmol/kg bodem (Figuur 3.4). Een uitzondering was de Biolit200-behandeling met een concentratie van 223 µmol/kg NH_4 bij aanvang van de proef. In het tweede effectjaar (2016) werden over het algemeen hogere ammoniumconcentraties in de bodem gemeten in vergelijking met de nulmeting, mogelijk is dit een effect van de toegenomen begrazing van het vee welke een duidelijke voorkeur bleek te hebben voor de behandelde proefvlakken.

De NO_3-concentraties namen gedurende de proef licht toe in alle behandelingen inclusief de onbehandelde controle met concentraties in de controle van 50 µmol/kg in 2016 naar 150 µmol/kg in 2019. De niet-gebonden P-concentratie in de bodem was bij aanvang van de proef laag in de begraasde proefvlakken met concentraties van 1-4 µmol/kg niet-gebonden P en laat gedurende de proef ook een lichte toename zien in de controle van 1,4 µmol/kg in 2014 naar 6,0 µmol/kg in 2019.

Lavagruis en Soilfeed
Tijdens de gehele looptijd van de proef werden er geen veranderingen in de NO_3 en NH_4 beschikbaarheid gemeten in de met Lavagruis en Soilfeed behandelde proefvlakken ten opzichte van de controle, dus geen toename (versnelde mineralisatie), maar ook geen verandering in de verhouding van NH_4 en NO_3 (verbeterde nitrificatie als gevolg van herstel bodembuffering) (Figuur 3.4). Uit het model over vijf jaar (Tabel 3.4) wordt wel een significante afname in de NH_4-concentraties in de met Soilfeed behandelde proefvlakken gevonden, van rond de 170 µmol/kg bodem vergeleken met de controle. Echter wordt dit model sterk beïnvloed door de grote toename in 2016.
Er werden geen effecten van Lavagruis toediening gemeten op de NH_4 of in P-concentraties in vijf effectjaren, ook al bevat Lavagruis relatief veel P vergeleken met Soilfeed. Uit het vijfjaren-model is een lichte, niet significante afname in de beschikbare P-concentraties (Tabel 3.4) in de met Soilfeed behandelde proefvlakken gemeten. Deze afnames zijn dermate klein, dat niet verwacht mag worden dat dit een effect zal hebben op de vegetatie of fauna.

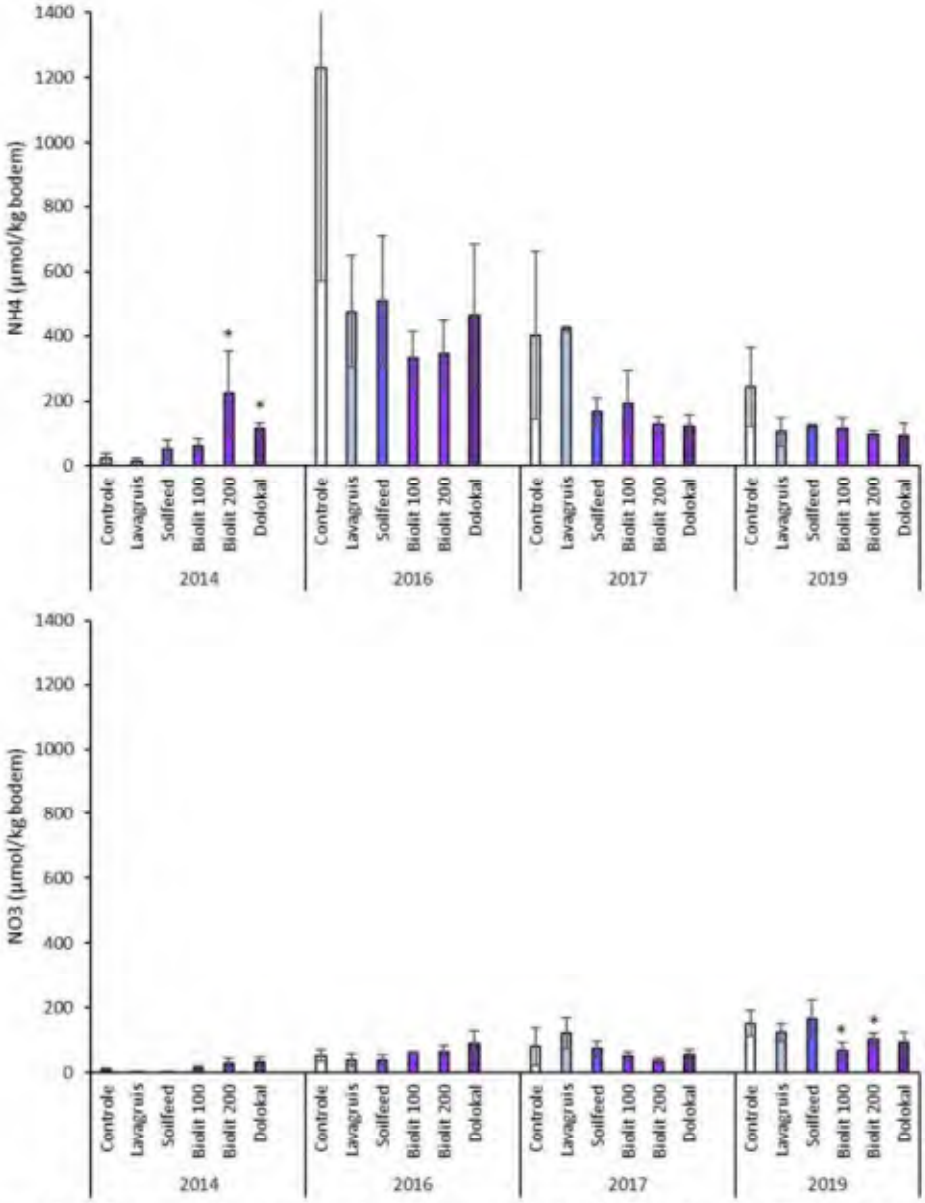
Biolit100 en Biolit200
Met de toediening van de twee Biolit-behandelingen werden er gedurende de proef geen effecten gemeten op de ammoniumconcentratie in de bodem, getoetst per losstaand jaar. Getoetst over de vijf onderzoekjaren (Tabel 3.4) werd echter wel een duidelijke afname in de NH_4-concentratie gemeten in de met Biolit behandelde proefvlakken van rond de 200 µmol/kg bodem vergeleken met de controle. Ook hiervoor geldt dat dit model sterk beïnvloed wordt door de grote toename in 2016.
In de eerste vier jaar van de proef werden geen verschillen gemeten in de NO_3-concentraties in de met Biolit100- en 200-behandelde begraasde proefvlakken. In het vijfde effectjaar was de NO_3-concentratie lager met 84 µmol/kg in de Biolit100 ($p=0,05$) en 50 µmol/kg NO_3 in de Biolit200-behandeling ($p=0,01$) ten opzichte van de onbehandelde controle.
Het steenmeel Biolit (100 en 200) bevat een relatief hoger aandeel fosfaat dan de andere steenmelen (Tabel 2.1). Met de Biolit100-behandeling werd er gedurende de eerste vier effectjaren geen significant verschil in de niet gebonden P-concentratie gemeten. In het vijfde effectjaar nam de niet-gebonden P-concentratie in de bodem toe ($p<0,01$) met 11 µmol/kg ten opzichte van de controle.
In de Biolit200-behandeling nam de niet-gebonden P-concentratie in de bodem in het tweede effectjaar bijna significant toe ($p=0,06$) ten opzichte van de controle en bleef ook in het derde, vierde en vijfde effectjaar hoger ten opzichte van de controle. Ook uit het vijfjaren-model blijkt een significante toename in de niet-gebonden P-concentraties (Tabel 3.4) in de met Biolit behandelde proefvlakken van 3,6 en 7,3 µmol/l bodem, meer dan een verdubbeling ten opzichte van de controle.

Dolokal
De toediening van 4 ton Dolokal/ha leidde binnen vijf effectjaren niet tot significante effecten op de anorganische stikstofconcentraties in de bodem. Getoetst over de vijf onderzoekjaren (Tabel 3.4) werd echter wel een duidelijke afname in de NH_4-concentratie gemeten in de met Dolokal-behandelde proefvlakken van rond de 200 µmol/kg bodem vergeleken met de controle. Ook hiervoor geldt dat dit model sterk beïnvloed wordt door de grote toename in 2016.
Gedurende de eerste vier effectjaren werd er geen effect van Dolokal-toediening gemeten op de niet gebonden P-concentratie in de bodem. In het vijfde effectjaar werd een afname gemeten van 3 µmol/kg bodem ten opzichte van de controle (trend, $p=0,08$). Uit het vijfjaren-model komt een lichte, niet significante afname in de beschikbare P-concentraties naar voren met Dolokal-toediening (Tabel 3.4).

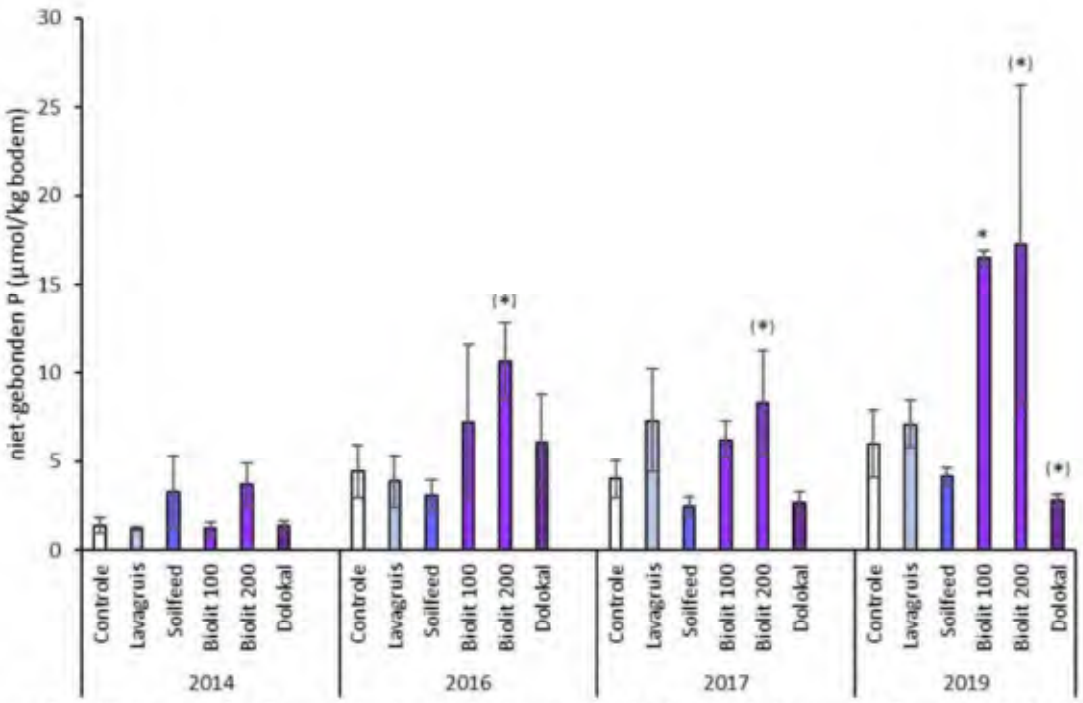
60244 0033

Tabel 3.4. GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de NH_4-, NO_3- en de niet-gebonden P-concentratie in µmol/kg bodem. *;**;***: significant verschil van p= 0.05; 0.01; 0.001. (*)= trend 0,05<p>0,1.

	NH_4		NO_3		niet-gebonden P	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
Intercept	522 (67,8)	7,71***	4,44 (0,39)	11,29***	5,99 (1,75)	3,42***
Lavagruis	-102 (63,8)	-1,59	0,25 (0,36)	0,08	2,01 (1,74)	1,16
Soilfeed	-167 (59,4)	-2,81**	0,14 (0,36)	0,54	-0,47 (1,60)	-0,29
Biolit100	-187 (50,7)	-3,68***	0,03 (0,37)	1,34	3,63 (2,12)	1,71(*)
Biolit200	-201 (51,9)	-3,87***	0,20 (0,37)	0,70	7,33 (2,59)	2,83**
Dolokal	-216 (50,5)	-4,28***	0,50 (0,37)	0,38	-0,50 (1,58)	-0,31



*Figuur 3.4. Concentratie anorganisch NH4 gemeten in het NaCl-extract en NO3 gemeten in het demiwaterextract in µmol/kg bodem in de bovenste 10 cm van de bodem van de begraasde proefvlakken per behandeling voor de nulmeting (2014), het tweede (2016), het derde (2017) en vijfde effectjaar (2019). Gemiddelde ± standaardfout, * = significant (p<0,05) verschil t.o.v. de controle van datzelfde jaar, (*) = bijna significant (0,05<p>0,1) verschil t.o.v. de controle, n=3.*



*Figuur 3.5. Niet-gebonden P-concentratie (NaCl) in µmol/kg bodem in de bovenste 10 cm van de bodem van de begraasde proefvlakken per behandeling voor de nulmeting (2014), het tweede (2016), het derde (2017) en vijfde effectjaar (2019). Gemiddelde ± standaardfout, * = significant (p<0,05) verschil t.o.v. de controle van datzelfde jaar, (*) = bijna significant (0,05<p>0,1) verschil t.o.v. de controle, n=3.*

3.5 Sporenelementen Mangaan, IJzer en Zink

De beschikbare Fe-, Zn- en Mn-concentratie in de bodem van de begraasde proefvlakken fluctueerden sterk per jaar (Bijlage 2), maar getoetst over vijf jaren werden toch enkele patronen zichtbaar (Tabel 3.5). Uit het vijfjaren-model komt een afname in de beschikbare Mn-concentratie met toediening van Dolokal. Het toedienen van bufferstoffen als Dolokal kan de beschikbare mangaanconcentratie verlagen (Nilsen & Granheim, 1998) en de opname door Struikhei verminderen (Gronflaten *et al.*, 2005; Vogels et al., 2016). Ook met toediening van de steenmelen Lavagruis en Soilfeed was de richting negatief voor de beschikbare Mn-concentratie. Voor het steenmeel Biolit was de richting juist positief. Biolit bevat meer Mn in vergelijking met Lavagruis, Soilfeed en Dolokal.
Ook voor de beschikbare Fe- en Zn-concentratie in de bodem werd in het vijfjaren model een lichte afname zichtbaar met de toediening van steenmeel of Dolokal. Voor de beschikbare Zn-concentratie werd met Dolokal-toediening een duidelijke afname gemeten in het vijfjarig model van 46 µmol/l ten opzichte van de controle, meer dan een halvering van de Zn-concentratie in de controle.

Tabel 3.5. GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de Mn-, Fe-, en Zn-concentratie in µmol/kg bodem. *;**;***: significant verschil van p= 0.05; 0.01; 0.001. (*)= trend 0,05<p>0,1.

	Mn		Fe		Zn	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
Intercept	24,2 (4,59)	5,28***	7,02 (1,36)	5,16***	77,03 (10,31)	7,47***
Lavagruis	-6,77 (4,12)	-1,64	-0,81 (1,40)	-0,58	-1,75 (10,71)	0,57
Soilfeed	-4,38 (4,46)	-0,98	-0,16 (1,40)	-0,11	6,46 (11,30)	0,16
Biolit100	7,79 (5,94)	1,31	-0,95 (1,40)	-0,68	-16,59 (9,73)	-1,71(*)
Biolit200	10,06 (6,15)	1,64	-0,37 (1,41)	-0,26	-12,21 (9,97)	-1,22
Dolokal	-8,02 (4,05)	-1,98*	-1,58 (1,35)	-1,17	-46,42 (8,25)	-5,63***

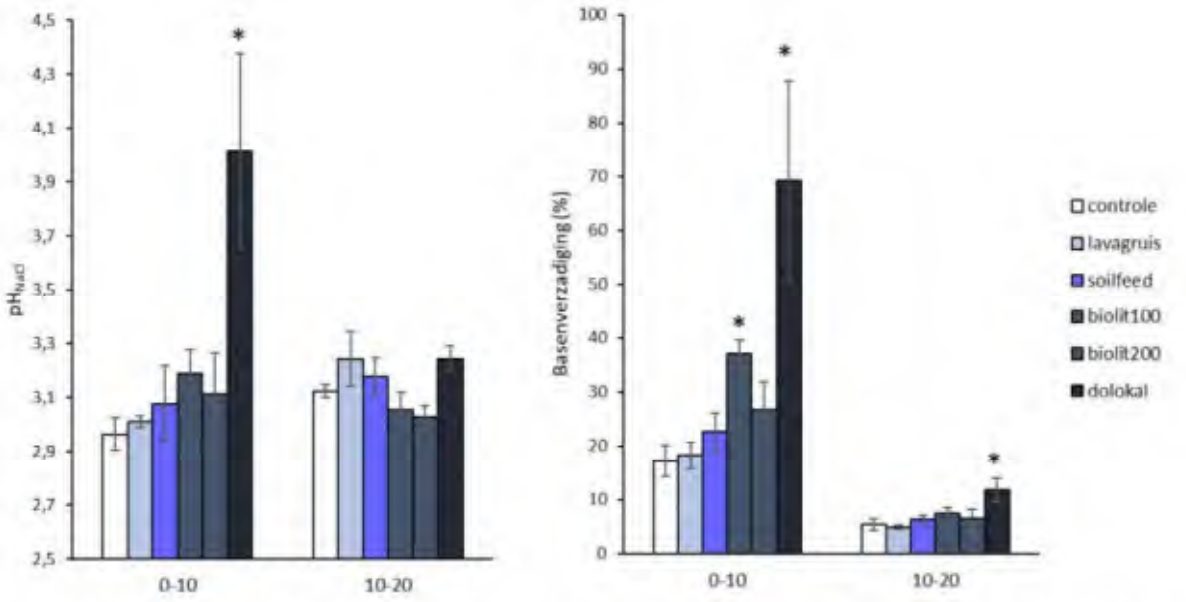
3.6 Effecten van steenmeeltoediening op de 10-20 cm bodemlaag

In de voorgaande resultaatbeschrijvingen werd enkel ingegaan op de metingen van de bovenste bodemlaag (0-10 cm onder maaiveld). In het laatste onderzoekjaar werd ook de 10-20 cm bodemlaag verzameld en geanalyseerd. Het merendeel van de planten in het heidesysteem wortelt namelijk in de zone van 0-10 cm en in mindere mate tot 0-30 cm onder maaiveld, en de vraag was in hoeverre de effecten van opgebrachte producten tot deze laag zijn doorgedrongen.

pH_{NaCl} en basenverzadiging

Wat pH_{NaCl}-betreft werden er geen verschillen gemeten in de proefvlakken die met steenmeel behandeld werden en de onbehandelde controle (gemiddeld 3,1-3,2 in de 10-20 cm bodemlaag; Figuur 3.7). In de 10-20 cm bodemlaag was de CEC gemiddeld lager dan in de 0-10 cm bodemlaag met 47 meq/kg bodem tegen 58 meq/kg bodem in de 0-10 cm bodemlaag. Er werden in het vijfde effectjaar geen effecten gemeten op de CEC in de 10-20 cm bodemlaag van de verschillende steenmeelbehandelingen. De basenverzadiging was laag in de 10-20 cm bodemlaag van de onbehandelde controle en steenmeelbehandelingen met 4 tot 6 procent. Ondanks de toename van de basenverzadiging in de toplaag van de bodem, werden er in de 10-20 cm bodemlaag geen effecten gemeten van de Biolit100 en 200-behandelingen op de basenverzadiging.

Ondanks een sterke stijging van de pH_{NaCl} in de toplaag van de met Dolokal-behandelde proefvlakken werd er geen verschil gemeten in de 10-20 cm bodemlaag. Ook werden er geen effecten van Dolokal-toediening gemeten op de CEC in de 10-20 cm bodemlaag. Met de toediening van Dolokal werd in de toplaag van de bodem een sterke stijging van de basenverzadiging gemeten van 36%. Ook in de 10-20 cm bodemlaag nam de basenverzadiging toe van 5% in de onbehandelde controle naar 11% in de met Dolokal-behandelde proefvlakken (p<0,01), een ruime verdubbeling ten opzichte van de controle.

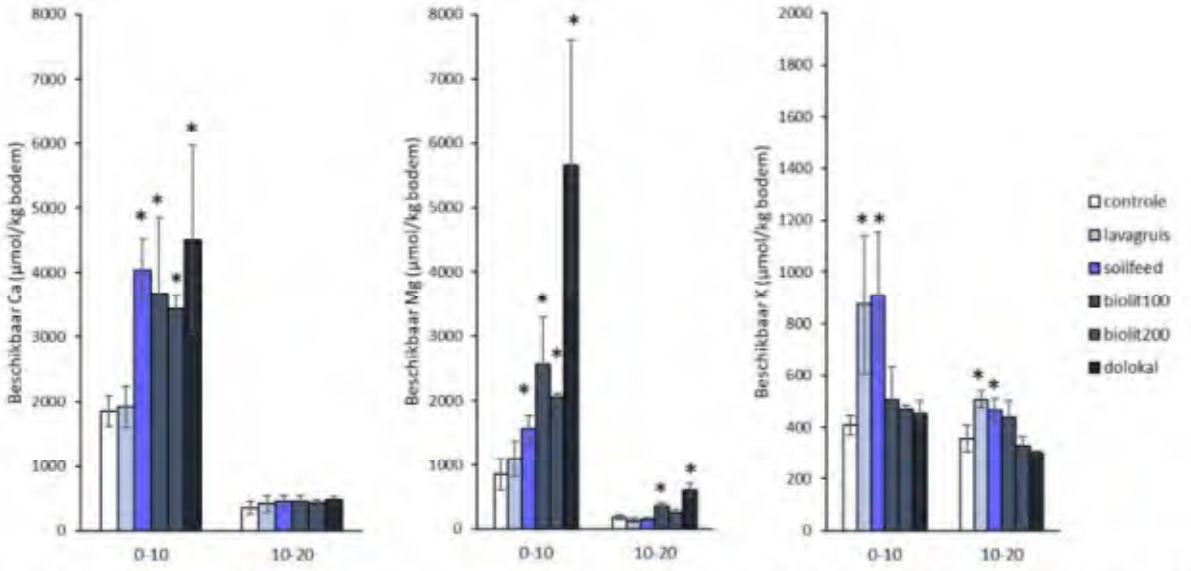


*Figuur 3.7. pH_{NaCl} uit een NaCl-extract en percentage basenverzadiging uit een SrCl-extract in de 0-10 en 10-20 cm bodemlaag per behandeling in het vijfde effectjaar (2019). Gemiddelde ± standaardfout, * = significant (p<0,05) verschil t.o.v. de controle, (*) = bijna significant (0,05<p>0,1) verschil t.o.v. de controle, n=3.*

Beschikbare concentraties kationen

In het vijfde effectjaar werd een toename gemeten van de beschikbare Ca- en Mg-concentratie in de toplaag van de bodem met toediening van Soilfeed, Biolit100 en 200. In de 10-20 cm bodemlaag was de beschikbare Ca-concentratie in de bodem veel lager (353 tot 444 µmol/kg bodem) en werd er geen effect van deze steenmelen op de beschikbare Ca-concentratie in de bodem gemeten (Figuur 3.8).
In de proefvlakken behandeld met Soilfeed en Biolit200 werd in de 10-20 cm bodemlaag ook geen verschil gemeten in beschikbaar Mg en bleef deze vergelijkbaar met de controle met gemiddeld 179 tot 253 µmol/kg bodem. In de behandeling met Biolit100 werd een toename in Mg-beschikbaarheid gemeten (p<0,01), een verdubbeling vergeleken met de onbehandelde controle in de 10-20 cm bodemlaag.
De beschikbare K-concentratie in de toplaag van de bodem (0-10 cm) nam toe in de Lavagruis- en Soilfeed behandeling. In de behandeling met Lavagruis en Soilfeed werd in de 10-20 cm bodemlaag eveneens een toename in K-beschikbaarheid gemeten (p<0,01 en p=0,04) van 151 en 109 µmol/kg ten opzichte van de onbehandelde controle (Figuur 3.8), 1.4x en 1.3x controle. Biolit toediening leidde niet tot een significante toe of afname in K-concentratie in 0-10 noch 10-20 cm diepte.
Er werden geen effecten van steenmeeltoediening gemeten op de beschikbare Al-concentratie en Al/Ca-ratio in de 10-20 cm bodemlaag.

Met de toediening van 4 ton Dolokal per ha steeg de beschikbare Ca- en Mg-concentratie sterk in de bovenste 10 cm van de bodem. In de 10-20 cm bodemlaag werd vijf jaar na toediening geen effect gemeten van Dolokal op de beschikbare Ca-concentratie. In de Dolokal-behandeling werd in de 10-20 cm bodemlaag een toename in beschikbaar Mg gemeten (p<0,01) van gemiddeld 419 µmol/kg ten opzichte van de controle, meer dan 3x zoveel als in de controle. Er werden geen effecten van Dolokal-toediening gemeten op de beschikbare Al-concentratie en Al/Ca-ratio in de 10-20 cm bodemlaag.



*Figuur 3.8. Beschikbare Ca-, Mg- en K-concentratie in µmol/kg bodem in de 0-10 en 10-20 cm bodemlaag van de begraasde proefvlakken per behandeling voor het vijfde effectjaar (2019). Gemiddelde ± standaardfout, * = significant (p<0,05) verschil t.o.v. de controle, (*) = bijna significant (0,05<p>0,1) verschil t.o.v. de controle, n=3.*

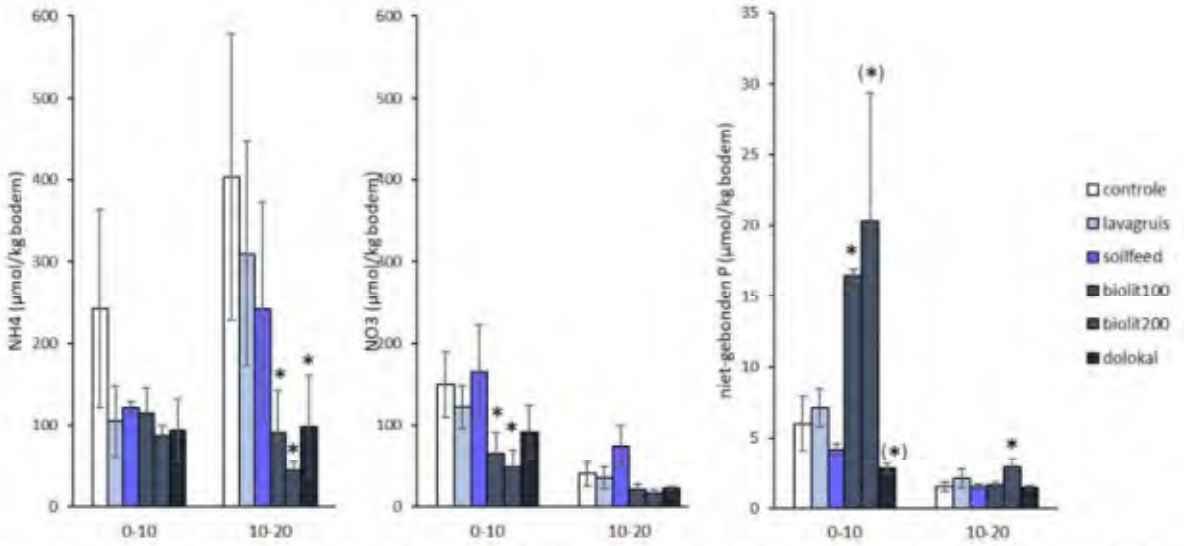
Beschikbaar N en P

In de bovenste 10 cm van de bodem van alle proefvlakken werden in het vijfde effectjaar ammonium- en nitraatconcentraties gemeten van 87 tot 243 µmol NH_4/kg en 49 tot 165 µmol NO_3/kg bodem. In de diepere bodemlaag (10-20 cm) werden wat hogere NH_4- en lagere NO_3-concentraties in de bodem gemeten van 45 tot 403 µmol NH_4/kg en 17 tot 74 µmol NO_3/kg bodem (Figuur 3.9).

Er werden geen effecten van steenmeeltoediening gemeten op de ammoniumconcentratie in de bovenste 10 cm van de bodem. Ook werden er geen effecten van Lavagruis of Soilfeed gemeten op de 10-20 cm bodemlaag. De toediening met Biolit100 en 200 leidde tot een (near) significante afname van de NH_4-concentratie van 313 (p=0,02) en 358 µmol/kg (p<0,01) ten opzichte van de controle, ruim 4x minder dan in de controle. De toediening van Biolit100 en 200 resulteerde in een afname van de nitraatconcentratie in de bovenste 10 cm van de bodem. Er werden geen effecten van Biolit100 en 200 toediening gemeten op de nitraatconcentratie in de 10-20 cm bodemlaag.

In de toplaag van de bodem werd in het vijfde effectjaar een toename gemeten van de niet-gebonden P-concentratie in de bodem van de Biolit100 en 200-behandelde proefvlakken. Ook in de diepere bodemlaag werd een toename gemeten van de niet-gebonden P-concentratie in de Biolit200-behandeling van 1,4 µmol/kg bodem (bijna een verdubbeling) ten opzichte van de controle (p<0,01).

Er werden geen effecten van de Dolokal-toediening gemeten op de N-concentraties in de bovenste 10 cm van de bodem. In de 10-20 cm bodemlaag werd een afname van de NH_4-concentratie gemeten met Dolokal-toediening van 304 µmol/kg ten opzichte van de controle (p=0,03), 4x minder t.o.v. de controle. Er werden geen effecten gevonden van Dolokal op de NO_3-concentratie of niet-gebonden P-concentratie in de 10-20 cm bodemlaag.



*Figuur 3.9. Anorganisch NH4-concentratie uit het NaCl-extract, NO3-concentratie uit het demiwaterextract en niet-gebonden P-concentratie uit het NaCl-extract in µmol/kg bodem in de 0-10 en 10-20 cm bodemlaag van de begraasde proefvlakken per behandeling voor het vijfde effectjaar (2019). Gemiddelde ± standaardfout, * = significant (p<0,05) verschil t.o.v. de controle, (*) = bijna significant (0,05<p>0,1) verschil t.o.v. de controle, n=3.*

3.7 Bezetting van het bodemadsorptiecomplex na 5 jaar

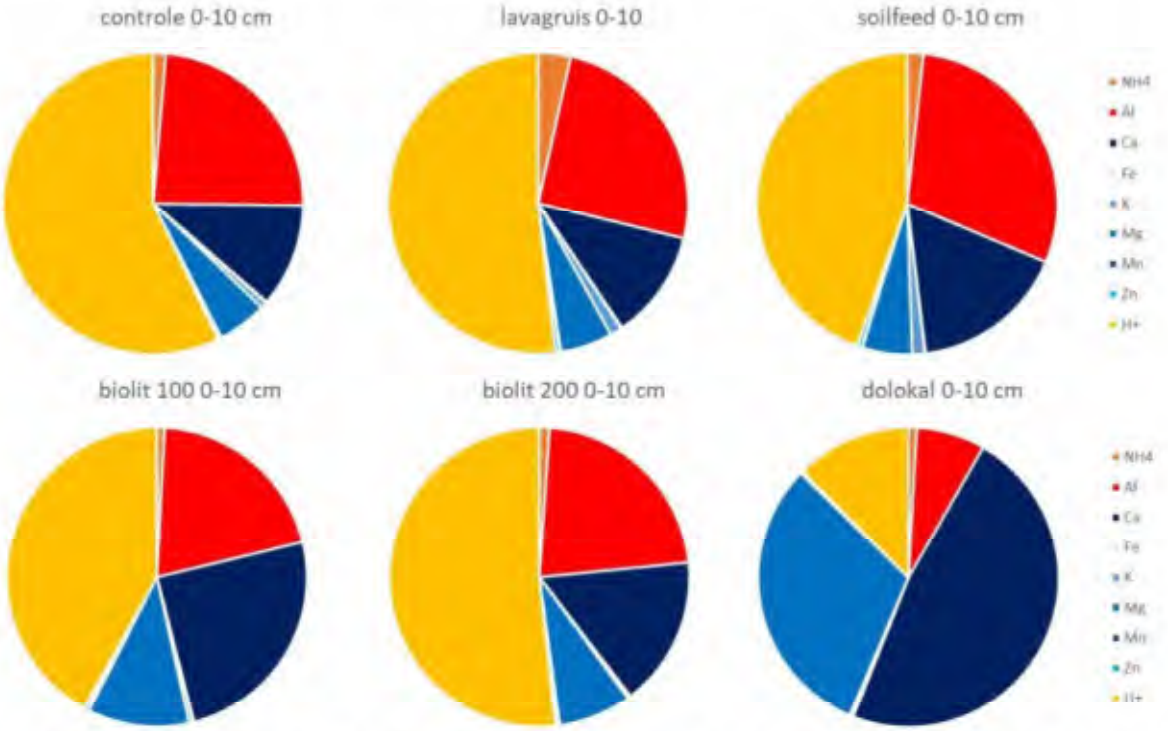
Met de toediening van steenmeel wordt geprobeerd om het adsorptiecomplex van de bodem op te laden met de kationen Ca^{2+}, K^{+} en Mg^{2+} ten koste van H^{+} en Al^{3+}. Voor het vijfde effectjaar werd de verdeling van basen en zuren aan het adsorptiecomplex in cirkeldiagrammen uitgezet (Figuur 3.10 en 3.11).
In het vijfde effectjaar werd in de bovenste 10 cm een organisch stofpercentage gemeten van 7,1-10,1% en een CEC van 44 tot 68 meq/kg bodem. Er werden geen effecten van steenmeel- of dolokaltoediening gemeten op het organisch stofpercentage of de CEC van de bovenste 10 cm van de bodem. Een uitzondering was de Biolit100-behandeling waarin het organisch stofpercentage in de 0-10 cm bodemlaag toenam met 2,5% ten opzichte van de controle (p=0,03).

In de 10-20 cm bodemlaag werd een veel lager organisch stofpercentage gemeten van 3,5 tot 5,8 in de bodem van de proefvlakken, met een CEC van 34 tot 49 meq/kg bodem. Er werden geen effecten van steenmeel- of dolokaltoediening gemeten op de CEC van de 10-20 cm bodemlaag. In de 10-20 cm bodemlaag werd een lager organisch stofpercentage gemeten met de toediening van Biolit100 (trend, p=0,05), 200 en Dolokal (p<0,01) van respectievelijk 1,2, 2,3 en 2,4% ten opzichte van de controle.

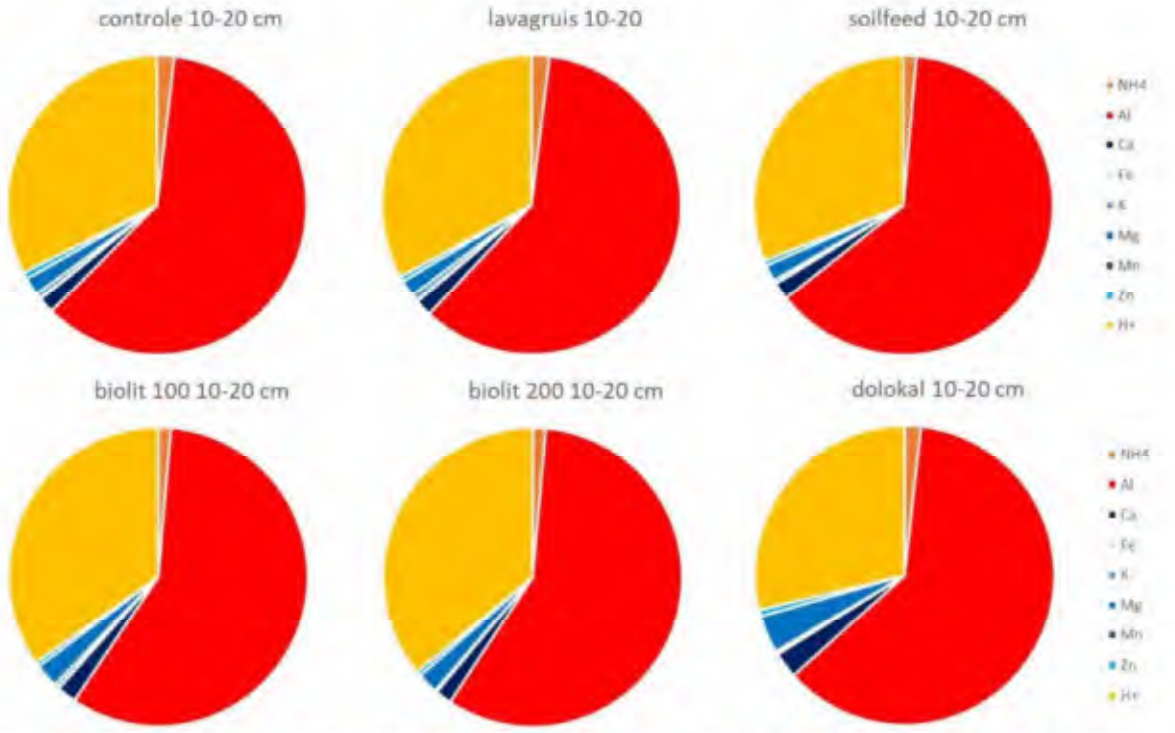
De toplaag van de bodem was in het vijfde effectjaar voor meer dan 50% opgeladen met H^{+} en voor 24% opgeladen met Al^{3+} (onbehandelde controle). In de minder organische 10-20 cm bodemlaag was circa 57% Al^{3+} gebonden aan het bodemcomplex en wat minder H^{+} (circa 36%). Met de toediening van steenmeel nam het percentage Ca^{2+} aan het complex in de toplaag van de bodem toe in de Biolit100- en Soilfeed behandelingen van circa 11% in de controle naar circa 25% (een verdubbeling) in de Biolit100-behandeling (p<0,01) en 17% in de Soilfeed-behandeling (p=0,03). Ook het percentage Mg^{2+} aan het complex nam toe door de toediening van steenmeel met uitzondering van de toediening van Lavagruis. Er werden geen significante effecten gemeten op de K^{+}-bezetting aan het complex in het vijfde effectjaar al nam deze wel iets toe in de Lavagruis- en Soilfeed-behandeling (circa 1%). Omdat kalium een éénwaardig ion is, is de toename aan het complex minder groot dan bij het tweewaardige Ca of Mg.

Met alle steenmeel-behandelingen werd een lagere H^+-bezetting aan het complex gemeten in vergelijking met de controle (circa 57% in de controle tegen 42-52% in de steenmeeltoediening), echter niet significant. Er werden geen effecten van Lavagruis, Biolit100 of 200 gemeten op de Al^{3+}-bezetting in de 0-10 cm bodemlaag. Met de toediening van Soilfeed nam het percentage Al^{3+} aan het complex significant toe met 6% ten opzichte van de controle (p=0,02).
Er werden nog geen effecten van steenmeeltoediening gemeten op het bodemcomplex in de 10-20 cm bodemlaag.

Met de toediening van 4 ton Dolokal per ha werd in het vijfde effectjaar een sterke verhoging van de Ca^{2+}- en Mg^{2+}-bezetting aan het complex gemeten van gemiddeld 37% Ca^{2+} (p<0,01) en 26% Mg^{2+} (p<0,01) ten opzichte van de controle. Tegelijkertijd werd een afname gemeten van de H^+-bezetting van 42% ten opzichte van de controle (p<0,01). Ook de Al^{3+}-bezetting nam met 17% significant af ten opzichte van de controle met de toediening van Dolokal (p=0,04).
Ook in de 10-20 cm bodemlaag nam de Ca^{2+}- en Mg^{2+}-bezetting aan het complex significant toe met gemiddeld 3% Ca^{2+} (p=0,05) en 4% Mg^{2+} (p<0,01) ten opzichte van de controle.



Figuur 3.10. Percentage bezetting aan het complex uit het SrCl-extract in de bovenste 10 cm van de bodem per behandeling voor het vijfde effectjaar (2019), n=3.



Figuur 3.11. Percentage bezetting aan het complex uit het SrCl-extract in de diepere bodemlaag 10-20 cm van de bodem per behandeling voor het vijfde effectjaar (2019), n=3.

3.8 Conclusies bodemchemische ontwikkelingen na 5 jaar

Lavagruis:

+ De kalium-leverende werking van Lavagruis was in het vijfde effectjaar duidelijk terug te meten in de toplaag van de bodem en ook al in de 10-20 cm bodemlaag;
- Met de toediening van Lavagruis werd nog geen significante toename gemeten van de basenverzadiging (ondanks toename van uitwisselbare K-concentratie in de bodem);
- De toediening van Lavagruis leidde niet tot effecten op de pH_{NaCl} of beschikbare Al-concentratie in de bodem;
+ Er werden geen aanwijzingen van verhoogde beschikbaarheid van N gemeten of effecten op de P-concentratie in de bodem.

Soilfeed:

+ De kalium-leverende werking van Soilfeed was in het vijfde effectjaar ook duidelijk terug te meten in de toplaag van de bodem en ook al in de 10-20 cm bodemlaag;
- Met de toediening van Soilfeed werd nog geen significante toename gemeten van de basenverzadiging (ondanks toename uitwisselbare K en Ca-concentratie in de bodem);
- De toediening van Soilfeed resulteerde in een toename van de uitwisselbare Al-concentratie in de bodem, bij de andere steenmeelsoorten werd dit effect niet gemeten;
- De toediening van Soilfeed leidde niet tot effecten op de pH_{NaCl} of beschikbare Al-concentratie in de bodem;
+ De beschikbare Ca-concentratie in de bodem nam wel toe, evenals de beschikbare Mg-concentratie (alleen in het vijfde effectjaar);
+ Er werden geen aanwijzingen van verhoogde beschikbaarheid van N gemeten of effecten op de P-concentratie in de bodem.

Biolit:

+ Met Biolit werd het complex voornamelijk opgeladen met Ca en Mg en nam de basenverzadiging significant toe;
+ De Biolit100 maling had meer effect op de basenverzadiging dan de Biolit200 maling;
+ In de Biolit-behandeling nam de bodem pH_{NaCl} toe met 0,3 pH-eenheden;
+ De toediening van Biolit leidde tot een significante toename van de beschikbare Ca- en Mg-concentratie in de bodem, 2x en 4x hoger t.o.v. de controle. Met Biolit100 nam de Mg-concentratie ook in de diepere bodemlaag toe;
- Met de toediening van Biolit nam de beschikbare K-concentratie over de gehele looptijd van de proef iets af (circa 17,5%), het is onduidelijk wat het effect op de vegetatiekwaliteit en fauna zal zijn;
+ Met de toediening van Biolit werd over de gehele looptijd van de proef een afname van de beschikbare Al-concentratie gemeten;
+ Er werden geen aanwijzingen van verhoogde beschikbaarheid van N gemeten;
+ De toediening van het P-rijkere steenmeel Biolit leidde tot een significante toename van de niet-gebonden P-concentratie in zowel de 0-10 als 10-20 cm bodemlaag.

Dolokal:

+ Met Dolokal werd het complex opgeladen met Ca en Mg en nam de basenverzadiging toe, maar liefst een verviervoudiging t.o.v. de controle. Ook in de 10-20 cm bodemlaag nam de basenverzadiging toe door een toename van Ca en Mg aan het complex;
+ Met de toediening van Dolokal nam de beschikbare Ca- en Mg-concentratie sterk toe (2x zoveel Ca en 7x zoveel Mg t.o.v. de controle) en de Al-beschikbaarheid af. Ook werd een toename van beschikbaar Mg gemeten in de diepere bodemlaag (10-20 cm);
+ De pH_{NaCl} nam toe met 0,8 pH-eenheden (25%) ten opzichte van de controle;
- Met het toedienen van 4 ton Dolokal per ha daalde de beschikbare mangaan- en zinkconcentratie in de toplaag van de bodem, het is onduidelijk wat het effect op de vegetatiekwaliteit en fauna zal zijn;
+ Het toedienen van 4 ton Dolokal per ha gaf na 5 jaar geen aanwijzingen van verhoogde beschikbaarheid van N;
- Door de toediening van 4 ton Dolokal werd een aanwijzing gevonden voor een verlaagde P-beschikbaarheid (afname trend van de niet-gebonden P-concentratie in de bodem).

Algemeen:

- Het opgebrachte Dolokal was het meest reactief in de bodem, gevolgd door Biolit dat ook 5-10% dolomiet bevat;
- Het steenmeel Biolit resulteerde in de eerste twee jaar tot positieve effecten voor bufferherstel waarna het effect tot aan het vijfde jaar gelijk bleef. Met het steenmeel Soilfeed werd in het vijfde jaar de eerste positieve effecten voor bufferherstel gemeten;
- De kalium-leverende werking van Lavagruis en Soilfeed werd vanaf het 2e meetjaar waargenomen, maar in het 5e jaar pas significant;
- Er werden geen aanwijzingen van verhoogde beschikbaarheid van N gemeten van steenmeeltoediening of 4 ton Dolokal/ha.

4 Plantchemie

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de plantchemische metingen besproken, nadat eerst de methodiek van de plantanalyses is beschreven. Hierbij is dezelfde methode gebruikt als in de eerste drie jaar van het onderzoek (Weijters *et al.*, 2018). In de proefvlakken werd in september 2015, september 2016, augustus 2017 en juli 2019 plantenmateriaal verzameld. Er werd steeds materiaal van Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*) en Struikhei ("current year shoots") verzameld en geanalyseerd. In dit experiment liggen drie series van proefvlakken in een voor Schotse hooglanders toegankelijk terreingedeelte, terwijl de overige twee series van proefvlakken buiten de begrazingszone zijn gelegen. In dit rapport wordt de nadruk gelegd op de resultaten in de begraasde proefvlakken. De dataset en de figuren van de onbegraasde proefvlakken zijn weergegeven in bijlage 3. Het zomerseizoen van 2018 was een uitzonderlijk droog jaar, waardoor het verzamelen van geschikt plantmateriaal moeilijk was en is daarom niet meegenomen in de beschrijving van de resultaten.

4.2 Methodiek

Van ieder proefvlak werd een vegetatiemonster genomen. De verzamelde vegetatiemonsters werden gedroogd in een stoof bij 60°C en vervolgens fijngemalen. Vervolgens werd de totale hoeveelheid koolstof en stikstof bepaald. Hiertoe werd een klein deel (3 mg) van het gemalen bodemmateriaal in een tinnen container geplaatst waarna het in een CNS element analyser (EA NA 1500 en EA100 van Carlo Erba-Thermo Fisher Scientific) werd geanalyseerd.
Van het resterende plantmateriaal werd per monster nauwkeurig 200 mg afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het materiaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2, 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milli Q water. De destruaten werden vervolgens geanalyseerd op de ICP. Het destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES. De plantmonsters werden geanalyseerd op dezelfde elementen als bij de bodemdestructie, aangevuld met enkele extra metalen zoals Arseen, Boor en Kobalt.

Statistische analyse
Verschillen tussen behandelingen in plantchemie werden getoetst in R Studio versie 3.6.3 middels een Generalized linear mixed model fit by maximum likelihood (Laplace Approximation) [glmerMod] Family: Gamma (identity) of Gamma (log). Vanwege (soms grote) verschillen in de begraasde en onbegraasde proefvlakken werden alleen de begraasde proefvlakken getoetst en was het aantal replica's 3. In deze rapportage werden de resultaten per meetjaar getoetst, en werden de behandel-effecten vergeleken met de onbehandelde controle van datzelfde jaar. De toedieningen werden als Fixed-factor in het model meegenomen, de proefvlakken als random-factor.

4.3 Ca-, Mg- en K-gehalte in planten

Struikhei
Het opbrengen van steenmeel leidde na vijf groeiseizoenen niet tot veranderingen in het Ca-gehalte in het verzamelde plantenmateriaal van Struikhei in de begraasde proefvlakken (Figuur 4.1). In de Biolit100-behandelingen werd in het derde meetjaar een toename gemeten van het Mg-gehalte in het plantmateriaal van Struikhei van 0,1 mg/g ten opzichte van de controle (1.1x controle, p=0,04). Ook

in het vijfde effectjaar bleef het Mg-gehalte hoger ten opzichte van de controle. In de Biolit200-behandelingen werd al in het tweede meetjaar een toename gemeten van het Mg-gehalte in het plantmateriaal van Struikhei van 0,2 mg/g ten opzichte van de controle (1.2x controle, $p<0,01$). In het derde en vijfde effectjaar bleef het Mg-gehalte significant hoger ten opzichte van de controle.
Steenmeeltoediening leidde niet tot een toename van het K-gehalte in het plantenmateriaal. In het vijfde effectjaar werd een positieve trend gemeten voor het K-gehalte in de Soilfeed-behandeling, deze nam toe in het plantenmateriaal van Struikhei met 0,4 mg/g (1.1x controle; trend $p=0,08$). In de Biolit200-behandeling werd een significante afname van kalium gemeten in het vijfde effectjaar van 0,7 mg/g (0.1x controle, $p<0,01$).

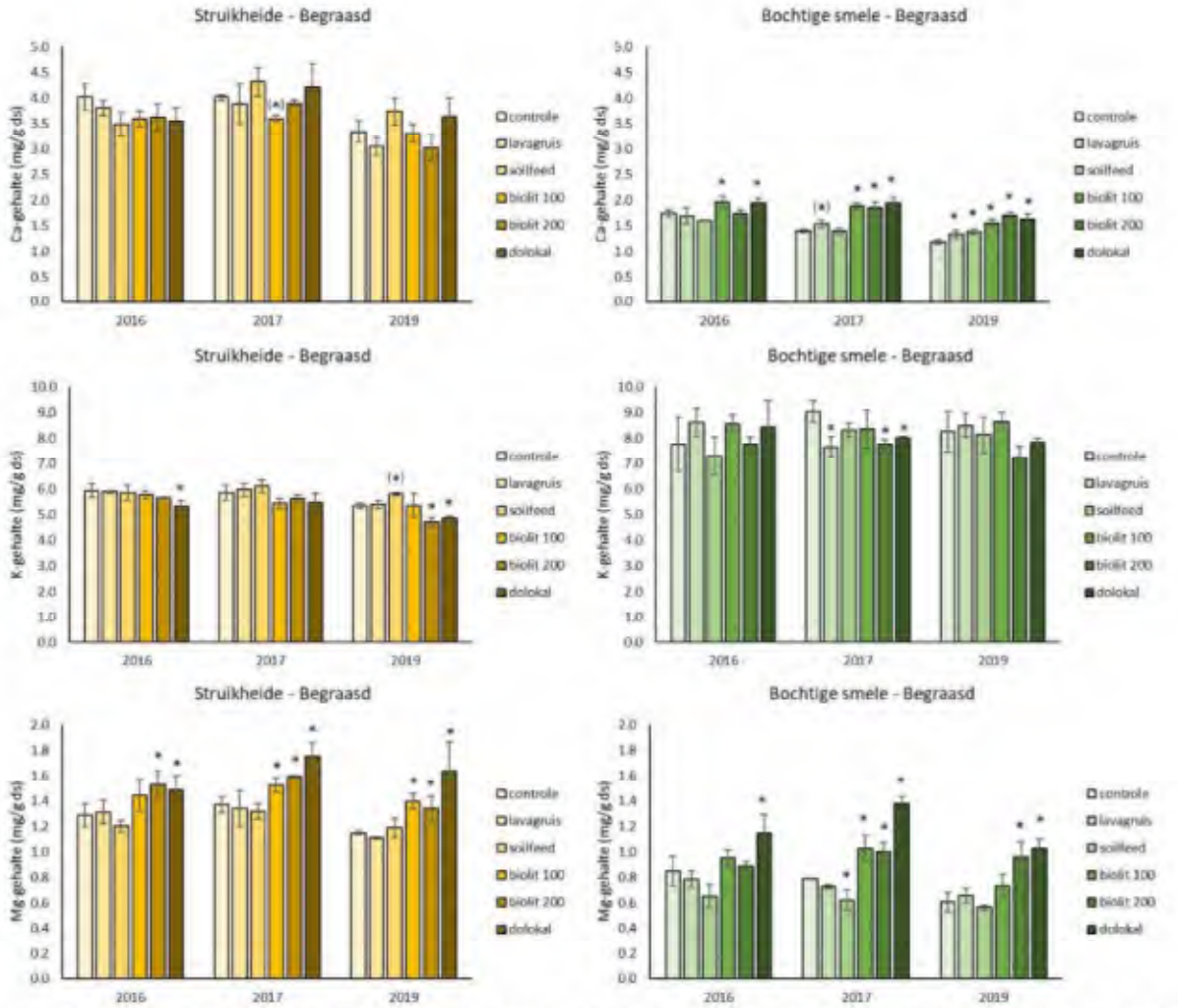
In de Dolokal-behandelde proefvlakken werd geen effect gemeten op het Ca-gehalte in het plantmateriaal van Struikhei. Het Mg-gehalte in het plantmateriaal nam in het tweede effectjaar 0,2 mg/g significant toe in de Dolokal-behandeling ($p=0,02$) en bleef toenemen met in het derde effectjaar een verschil van 0,4 mg/g ten opzichte van de controle (1.3x controle). In het vijfde effectjaar bleef het verschil in Mg-gehalte significant hoger (0,4 mg/g) ten opzichte van de controle.
In de Dolokal-behandeling nam het K-gehalte in het plantmateriaal van Struikhei in het tweede effectjaar significant af met 0,6 mg/g ten opzichte van de controle (0.9x controle, $p<0,01$). In het derde effectjaar werd geen significant verschil gemeten met de controle (al was de trend wel hetzelfde ten opzichte van het 2^e en 5^e effectjaar), in het vijfde effectjaar was het K-gehalte wederom significant lager in de Dolokal-behandeling met 0,4 mg/g ten opzichte van de controle ($p=0,03$).

Bochtige smele
Door het opbrengen van steenmeel nam het Ca-gehalte in het plantmateriaal van Bochtige smele in de Lavagruis in het derde effectjaar niet significant toe met 0,1 mg/g ten opzichte van de controle (trend, $p=0,07$) en was in het vijfde effectjaar significant hoger dan in de controle (Figuur 4.1). Met de toediening van Soilfeed werd in het vijfde effectjaar een significante toename van het Ca-gehalte in het plantmateriaal van Bochtige smele gemeten van 0,2 mg/g ten opzichte van de controle (1.2x controle, $p<0,01$). In de Biolit100-behandeling werd in het tweede effectjaar een significante toename van het Ca-gehalte gemeten van 0,3 mg/g ten opzichte van de controle ($p=0,04$) en dit bleef ook in het derde en vijfde effectjaar significant hoger in vergelijking met de controle (1.3x controle). In de Biolit200-behandeling nam het Ca-gehalte in het derde effectjaar significant toe met 0,4 mg/g ten opzichte van de controle ($p<0,01$) en dit bleef ook in het vijfde effectjaar significant hoger (1.4x controle).
Er werd in geen van de jaren een effect van Lavagruis-toediening gemeten op het Mg-gehalte in het plantmateriaal van Bochtige smele. Met de toediening van Soilfeed nam het Mg-gehalte in Bochtige smele significant af in het derde effectjaar met 0,2 mg/g ten opzichte van de controle (0,8x controle, $p<0,01$). In het vijfde effectjaar werd geen verschil meer gemeten tussen de Soilfeed-behandeling en controle. De toediening van Biolit100 en 200 leidde in het derde effectjaar tot een significante toename van het Mg-gehalte in het plantmateriaal van Bochtige smele van 0,2 mg/g ten opzichte van de controle (1.3x controle, $p<0,01$). In het vijfde effectjaar bleef het verschil met de Biolit200-behandeling ten opzichte van de controle significant, met de toediening van Biolit100 werd geen verschil meer gemeten.
Er werden weinig effecten van steenmeeltoediening gemeten op de K-gehalten in het plantmateriaal van Bochtige smele. Een uitzondering was het derde meetjaar met een afname van het K-gehalte van 1,4 mg/g in de Lavagruis en Biolit200-behandeling ten opzichte van de controle (0,8x controle, $p<0,01$), dit effect werd niet meer gevonden in het vijfde effectjaar, al bleef dit voor Biolit200 ook in dit jaar eveneens wat lager dan in de andere steenmeelbehandelingen.

In de met Dolokal-behandelde proefvlakken nam het Ca-gehalte gemeten in het verzamelde plantmateriaal van Bochtige smele in het tweede meetjaar significant toe met 0,2 mg/g ten opzichte

60244 0033

van de controle (1.1x controle, p=0,05). Het Mg-gehalte nam sterk toe met 0,3 mg/g Mg (1.4x controle, p=0,01) in het tweede effectjaar. In het derde en vijfde effectjaar bleef het Ca- en Mg-gehalte in het plantmateriaal van Bochtige smele in de Dolokal-toediening significant hoger dan in de controle, waarbij de proportionele toename van Mg ten opzichte van controle in de plant verder toenam met 75% (derde meetjaar) en 70% (vijfde meetjaar). In het derde meetjaar werd een significante afname gevonden van het K-gehalte van 1,0 mg/g ten opzichte van de controle (0.9x controle, p=0,03) wat eveneens in het vijfde effectjaar waarneembaar bleef, maar in dat jaar niet meer significant verschillend was ten opzichte van de controle.



*Figuur 4.1. Ca-, Mg- en K-concentratie in mg/g droge stof gemeten in plantmateriaal van Bochtige smele en Struikhei in de begraasde proefvlakken per behandeling in het tweede (2016), derde (2017) en vijfde meetjaar (2019). Gemiddelde ± standaardfout, * = significant (p<0,05) verschil t.o.v. de controle van datzelfde jaar, (*) = bijna significant (0,05<p>0,1) verschil t.o.v. de controle, n=3.*

4.4 N- en P-gehaltes in planten

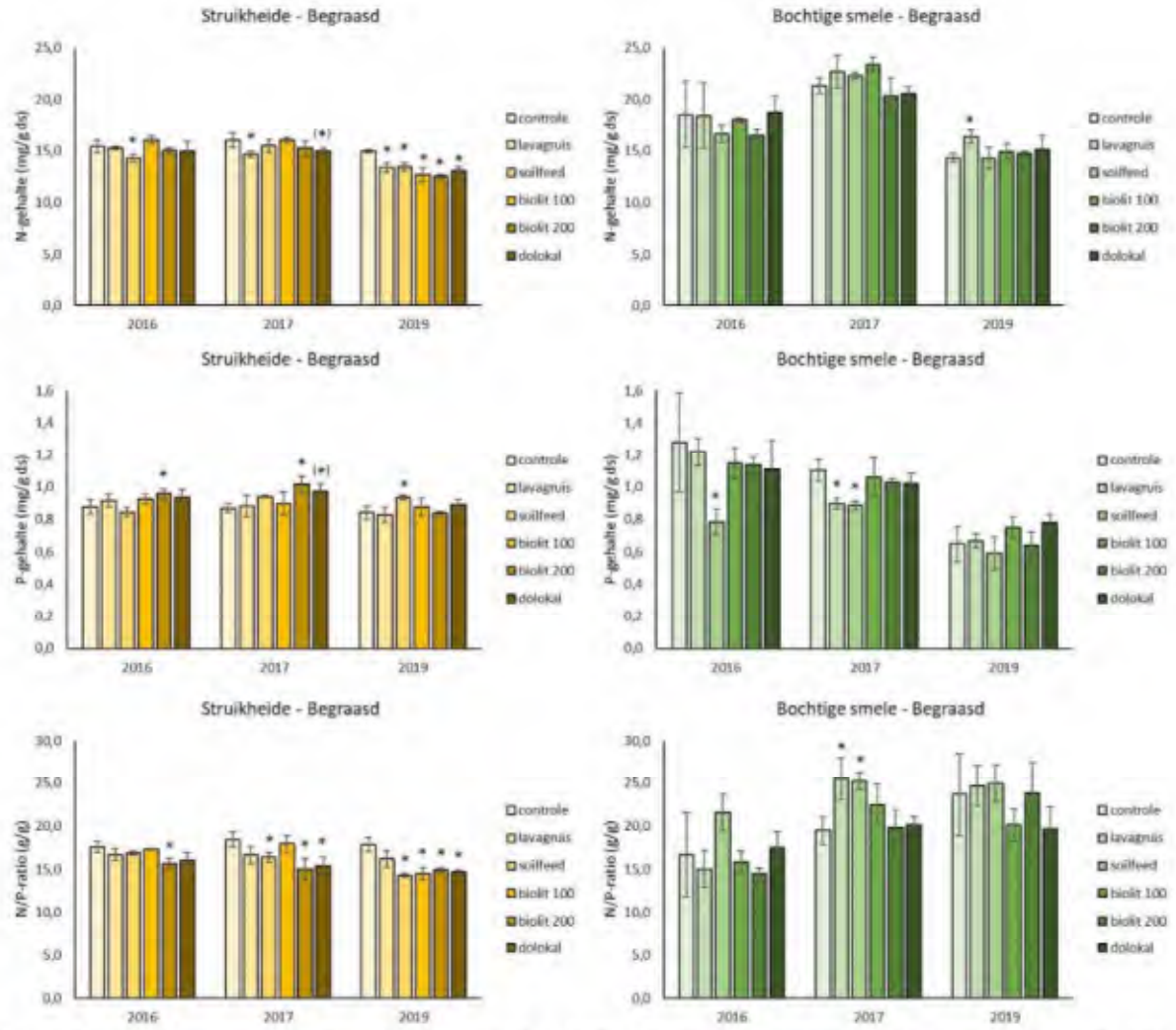
Struikhei

De toediening van Lavagruis, Soilfeed en Biolit100 en 200 leidde na vijf groeiseizoenen tot een significante afname (p<0,01) van het N-gehalte in het plantmateriaal van Struikhei met 1,5 tot 2,5 mg/g (0.8-0.9x controle, Figuur 4.2). Met de toediening van Soilfeed nam het P-gehalte in het vijfde effectjaar significant toe in het plantmateriaal van Struikhei met 0,1 mg/g ten opzichte van de controle (p<0,01). In de Biolit200-behandeling nam het P-gehalte significant toe in het tweede

effectjaar met 0,1 mg/g ten opzichte van de controle (1.1x controle, p<0,01) en bleef ook in het derde effectjaar significant hoger ten opzichte van de controle. In het vijfde effectjaar werd geen significant verschil meer vastgesteld ten opzichte van de onbehandelde controle. Er werden geen significante effecten van Lavagruis of Biolit100-toediening gemeten op het P-gehalte in het plantmateriaal van Struikhei.
De veranderingen in N- en/of P-gehalten resulteerde in de Biolit200-behandeling in een afname van de N/P-ratio in het plantmateriaal van Struikhei van 1,9 g/g ten opzichte van de controle in het tweede effectjaar (0.9x controle; p<0,01). De N/P-ratio bleef voor deze behandeling ook in het derde en vijfde effectjaar lager in vergelijking met de controle (0.8x controle, p<0.01). In de Soilfeed-behandeling nam de N/P-ratio af in het derde effectjaar en vijfde effectjaar met 2,0 g/g en 3,4 g/g ten opzichte van de controle (0.8x controle; p<0.01). De N/P-ratio nam in het vijfde effectjaar ook af in de Biolit100-behandeling met 3,1 g/g ten opzichte van de controle (0.8x controle; p<0,01).

Met de toediening van 4 ton Dolokal/ha werd in het derde effectjaar een afname van het N-gehalte in het plantmateriaal van Struikhei gemeten van 1,0 mg/g ten opzichte van de controle (0.9x controle ; trend p=0,06) en bleef het N-gehalte ook in het vijfde effectjaar lager dan in de controle. Er werd geen effect van Dolokal gemeten op het P-gehalte in het plantmateriaal, met uitzondering van het derde meetjaar met een toename van het P-gehalte van 0,1 mg/g ten opzichte van de controle (1.1x controle, p=0,06). Hierdoor werd in de Dolokal-behandeling een afname van de N/P-ratio gemeten in het plantmateriaal van 2,9 g/g ten opzichte van de controle in het derde meetjaar (0.8x controle; p<0,01). Ook in het vijfde effectjaar bleef de N/P-ratio significant lager in de Dolokal-behandeling dan in de controle (0.8x controle; p<0.01).

Bochtige smele
In het plantmateriaal van Bochtige smele werden geen effecten van steenmeeltoediening gemeten op het N-gehalte (Figuur 4.2), met uitzondering van de Lavagruis-behandeling waarin het N-gehalte in het vijfde effectjaar met 2,0 mg/g toenam ten opzichte van de controle (1.1x * controle; p=0,02). Bij toediening van Lavagruis werd in het derde effectjaar een afname gemeten van het P-gehalte in het plantmateriaal van Bochtige smele van 0,2 mg/g ten opzichte van de controle (0.8x controle, p<0,01), dit verschil was in het vijfde effectjaar niet meer aanwezig. Ook met de toediening van Soilfeed werd in het tweede effectjaar een afname van P-gehalte gemeten in Bochtige smele van 0,4 mg/g ten opzichte van de controle (0.6x controle, p<0,01). In het derde effectjaar werd het verschil in de Soilfeed-behandeling ten opzichte van de controle minder met 0,2 mg/g P (0.8x controle) en was in het vijfde effectjaar niet meer aanwezig. Deze afnamen in P-gehalten in de Lavagruis en Soilfeed-behandeling resulteerden in een toename van de N/P-ratio in het plantmateriaal van Bochtige smele in het derde effectjaar van 6,0 g/g ten opzichte van de controle (1.3x controle, p<0,01). In het vijfde effectjaar werd geen verschil tussen deze behandelingen en de controle gemeten.
Er werden geen effecten van Biolit100 en 200 gemeten op het N-, P-gehalte of de N/P-ratio in het plantmateriaal van Bochtige smele. Ook werden er geen effecten van de 4 ton/ha Dolokal-toediening gemeten op het N-, P-gehalte of de N/P-ratio in het plantmateriaal van Bochtige smele.



*Figuur 4.2. N-, P-concentratie in mg/g droge stof en N/P-ratio in g/g gemeten in plantmateriaal van Bochtige smele en Struikhei in de begraasde proefvlakken per behandeling in het tweede (2016), derde (2017) en vijfde meetjaar (2019). Gemiddelde ± standaardfout, * = significant (p<0,05) verschil t.o.v. de controle van datzelfde jaar, (*) = bijna significant (0,05<p>0,1) verschil t.o.v. de controle, n=3.*

4.5 Sporenelementen

Er werden gedurende het experiment geen effecten van steenmeeltoediening gemeten op het Ni-gehalte in het plantmateriaal van Struikhei en Bochtige smele, met uitzondering van de Lavagruis-behandeling. Met het toedienen van Lavagruis werd in het eerste effectjaar (2015) een toename van het Ni-gehalte in het plantmateriaal van Struikhei en Bochtige smele gemeten van 8 en 14 mg/g ten opzichte van de controle (3x en 2.3x controle; p<0,01). In de jaren erna werd er geen verschil in Ni-gehalte gemeten tussen de behandelingen en de controle (Bijlage 3).
In het plantmateriaal van Struikhei werden geen duidelijke effecten van steenmeeltoediening gemeten op de Al/-, Fe/- en Zn/Ca en -/Mg-ratio's (Tabel 4.1). Met de toediening van Soilfeed nam de Fe/Ca-ratio significant af in 2017 en 2019 (0.6x en 0.9x controle, p<0,05). In 2017 werd in alle steenmeelbehandelingen een afname gemeten van de Al/Ca-ratio (0.7x controle, p<0,05) en een afname trend voor de Al/Mg-ratio (0.6x controle, p<0,1) in het plantmateriaal van Struikhei. In 2019 was dit effect verdwenen en werd juist een hogere Al/Ca-ratio gemeten in de Biolit200-behandeling (1.3x controle, p<0,05) en hogere Al/Mg-ratio in de Lavagruis behandeling (1.3x controle, p<0,05).

In het plantmateriaal van Bochtige smele werd met de toediening van Soilfeed in 2016, 2017 en 2019 een significante toename of trend gemeten van de Al/Ca of Al/Mg-ratio (1.3-1.5x controle). Ook met de toediening van Biolit100 nam de Al/Ca en Al/Mg-ratio in 2019 toe (1.5-1.6x controle, $p<0,05$). De effecten van steenmeeltoediening op de Fe/- en Zn/-ratio's waren minder duidelijk in het plantmateriaal van Bochtige smele. In 2016 werd een afname gemeten van de Zn/Ca- en Zn/Mg-ratio in Bochtige smele met steenmeeltoediening. In 2017 was deze significante afname ook nog zichtbaar voor Biolit200 (0.7x controle, $p<0,05$), maar werd met toediening van Soilfeed in 2017 en 2019 juist een niet significante toename gemeten van de Zn/Ca of Mg-ratio. Ook voor de Fe/Ca- en Fe/Mg-ratio's werd soms een afname en soms een toename gemeten.
Het toedienen van bufferstoffen kan de Mn-opname door Struikhei verminderen (Gronflaten *et al.*, 2005), en is eerder ook gevonden in Nederlandse experimenten (Vogels et al., 2016). In het plantmateriaal van Struikhei en Bochtige smele werden in 2016 en 2017 soms significant lagere Mn/Ca of Mn/Mg-ratio's gemeten. Echter in 2019 nam de Mn/Mg en in mindere mate ook de Mn/Ca-ratio af in alle steenmeeltoedieningen met een afname van de Mn/Mg-ratio van 0.6-0.8x controle in Struikheide en 0.6-0.9x controle in Bochtige smele ($p<0,05$).

In de Dolokal-behandeling werd zowel in het plantmateriaal van Struikhei als Bochtige smele gedurende het experiment een significante afname in Mn-ratio's gemeten van een halvering tot één derde van de controle ($p<0,05$; Tabel 4.1). Ook in de Fe- en Zn-ratio's werd gedurende het experiment een afname gemeten in het plantmateriaal van Struikhei en Bochtige smele van respectievelijk 0.7x controle in Struikhei en 0.7-0.9x controle in Bochtige smele ($p<0,05$). De Al/Mg-ratio in het plantmateriaal van Struikhei nam sinds 2016 af met toediening van Dolokal (in 2016 0.8x controle, in 2017 0.5x controle en in 2019 0.7x controle, $p<0,05$), in het plantmateriaal van Bochtige smele werd in 2019 een afname van de Al/Mg-ratio gemeten (0.6x controle, $p<0,05$).

Tabel 4.1. Gemiddelde Al/Ca, Al/Mg, Fe/Ca, Fe/Mg, Mn/Ca, Mn/Mg, Zn/Ca en Zn/Mg-ratio in het plantmateriaal van Struikhei en Bochtige smele in g/g droge stof per behandeling in de begraasde proefvlakken in het tweede (2016), derde (2017) en vijfde meetjaar (2019). In vet gedrukt significant ($p<0,05$) verschil t.o.v. de controle, cursief trend ($0,05<p>0,1$), n=3. In lichtblauw toename, in lichtoranje afname.

			Al/Ca	Al/Mg	Fe/Ca	Fe/Mg	Mn/Ca	Mn/Mg	Zn/Ca	Zn/Mg
			Gem	Gem	Gem	Gem	Gem	Gem	Gem	Gem
Struikheide	2016	Controle	0,010	0,031	0,018	0,057	0,045	0,139	0,008	0,024
		Lavagruis	0,012	0,035	0,022	0,064	0,036	**0,103**	0,007	0,021
		Soilfeed	0,013	**0,036**	0,018	0,052	0,044	0,127	0,009	0,024
		Biolit 100	0,011	0,028	**0,029**	0,073	0,037	**0,093**	0,008	0,021
		Biolit 200	0,011	**0,026**	0,020	0,047	0,049	0,116	0,007	0,017
		Dolokal	0,011	**0,026**	0,020	0,049	**0,025**	**0,060**	0,008	**0,018**
	2017	Controle	0,012	0,037	0,018	0,053	0,036	0,107	0,009	0,027
		Lavagruis	**0,010**	0,029	0,021	0,061	*0,029*	0,083	0,010	0,028
		Soilfeed	**0,008**	*0,025*	**0,011**	*0,036*	**0,025**	0,081	0,008	0,027
		Biolit 100	**0,011**	*0,025*	0,016	0,037	0,034	0,080	0,008	0,020
		Biolit 200	**0,009**	*0,021*	**0,013**	**0,033**	0,038	0,094	0,009	0,022
		Dolokal	**0,008**	**0,018**	0,014	*0,033*	**0,020**	**0,050**	0,009	0,021
	2019	Controle	0,010	0,028	0,015	0,044	0,056	0,165	0,009	0,028
		Lavagruis	0,013	**0,035**	0,018	0,049	*0,045*	**0,125**	0,010	0,029
		Soilfeed	0,008	0,026	**0,013**	0,042	**0,039**	**0,121**	0,009	0,029
		Biolit 100	0,010	0,023	0,015	0,036	0,047	**0,111**	0,010	**0,023**
		Biolit 200	**0,013**	0,030	0,018	0,042	*0,046*	**0,106**	0,011	0,024
		Dolokal	0,009	*0,019*	0,014	**0,032**	**0,024**	**0,052**	0,008	**0,019**

			Al/Ca	Al/Mg	Fe/Ca	Fe/Mg	Mn/Ca	Mn/Mg	Zn/Ca	Zn/Mg
			Gem	Gem	Gem	Gem	Gem	Gem	Gem	Gem
Bochtige smele	2016	Controle	0,062	0,131	0,160	0,336	0,189	0,384	0,044	0,090
		Lavagruis	*0,084*	*0,182*	0,224	0,488	0,068	0,143	**0,032**	0,068
		Soilfeed	**0,078**	**0,200**	0,145	0,359	0,125	0,317	0,037	0,093
		Biolit 100	0,066	0,138	0,140	0,300	0,168	0,356	*0,036*	0,076
		Biolit 200	0,067	0,130	0,130	0,252	*0,121*	0,235	**0,031**	**0,059**
		Dolokal	0,058	0,100	0,157	0,259	**0,105**	**0,171**	**0,040**	0,068
	2017	Controle	0,061	0,108	0,048	0,085	0,102	0,177	0,040	0,071
		Lavagruis	0,077	0,160	0,047	0,099	0,119	0,251	0,034	0,071
		Soilfeed	*0,096*	**0,218**	0,052	**0,117**	**0,131**	0,319	0,042	*0,097*
		Biolit 100	0,080	0,153	0,048	0,089	0,114	0,208	0,035	0,065
		Biolit 200	0,066	0,122	**0,040**	**0,074**	0,139	0,256	0,031	**0,057**
		Dolokal	0,070	0,098	0,044	**0,062**	**0,040**	**0,058**	0,034	**0,049**
	2019	Controle	0,031	0,060	0,058	0,115	0,212	0,415	0,034	0,068
		Lavagruis	0,038	0,078	0,062	0,127	**0,121**	**0,245**	0,034	0,068
		Soilfeed	0,037	*0,092*	0,060	*0,149*	0,143	**0,357**	*0,035*	0,085
		Biolit 100	**0,048**	**0,102**	**0,087**	**0,184**	**0,125**	**0,273**	0,031	0,068
		Biolit 200	0,030	0,055	0,050	0,092	**0,146**	**0,270**	0,029	0,053
		Dolokal	0,024	**0,038**	0,051	*0,080*	**0,090**	**0,141**	**0,032**	0,051

4.6 Conclusies

Lavagruis:

- Het toedienen van Lavagruis leidde niet tot toename van het Ca-, Mg- of K-gehalte in Struikhei;
+ Met het toedienen van Lavagruis nam het Ca-gehalte in Bochtige smele toe;

60244 0033

- Er werden geen effecten van Lavagruis toediening gemeten op de N/P-ratio in het plantmateriaal van Struikhei of Bochtige smele;
- De Mn/Ca- en Mn/Mg-ratio nam af met toediening van Lavagruis.

Soilfeed:

+ Met de toediening van Soilfeed werd een positieve trend gemeten in K-gehalte in Struikhei;
- Het toedienen van Soilfeed leidde niet tot toename van het Ca- of Mg-gehalte in Struikhei, het Mg-gehalte was lager met Soilfeed toediening (niet significant);
+ Met het toedienen van Lavagruis nam het Ca-gehalte in Bochtige smele toe;
+ Met Lavagruis toediening nam de N/P-ratio in het plantmateriaal van Struikhei af;
- De Mn/Ca- en Mn/Mg-ratio nam af met toediening van Lavagruis.

Biolit:

+ Met het toedienen van Biolit nam het Ca- en Mg-gehalte in Bochtige smele en het Mg-gehalte in Struikhei toe;
- Met de toediening van Biolit werd een negatieve trend gemeten in K-gehalte in Struikhei en Bochtige smele;
+ Met Biolit toediening nam de N/P-ratio in het plantmateriaal van Struikhei af;
- Er werd geen toename van het P-gehalte gemeten met Biolit;
- De Mn/Ca- en Mn/Mg-ratio nam af met toediening van Biolit.

Dolokal:

+ Met het toedienen van Dolokal nam het Ca- en Mg-gehalte in Bochtige smele en het Mg-gehalte in Struikhei toe;
- Met de toediening van Dolokal werd een negatieve trend gemeten in K-gehalte in Struikhei en Bochtige smele;
+ Met Dolokal toediening nam de N/P-ratio in het plantmateriaal van Struikhei af;
- De toediening van Dolokal leidde tot een afname van de Mn-, Zn-, Fe- en Al- gehalte ten opzichte van het Ca- en Mg-gehalte in het plantmateriaal van Struikhei en Bochtige smele.

Algemeen:

- De toediening van steenmeel of Dolokal resulteerde in een toename van het Ca- en Mg-gehalte met uitzondering van de Lavagruis behandeling;
- Met Biolit en Dolokal werd een negatieve trend gemeten in het K-gehalte in Struikhei en Bochtige smele;
- In Struikhei nam de N/P-ratio af met steenmeel- en Dolokal toediening, in Bochtige smele werden geen effecten op de N/P-ratio gemeten. Er werden geen signalen voor verhoogde opname van N gemeten;
- De toediening van steenmeel en Dolokal leidde tot een afname van de Mn/Ca- en Mn/Mg-ratio's in het plantmateriaal van Struikhei en Bochtige smele. Met Dolokal werden afnames gemeten van de Zn/-, Fe/- en Al/Ca- of -Mg-ratio's in het plantmateriaal.

5 Vegetatieopnamen

5.1 Methoden

Van alle proefvlakken werden tussen 2015 en 2019 bijna jaarlijks in de periode juli-augustus vegetatieopnamen gemaakt volgens de methode van Braun-Blanquet. Het betrof de proefvlakken op het door vee begraasde deel van de Strabrechtse Heide (n=3) en de proefvlakken in het deel dat niet toegankelijk is voor vee (n=2). Laatstgenoemde proefvlakken worden gemakshalve aangeduid als 'onbegraasd', ook al zal in dit deel wel natuurlijke begrazing kunnen optreden. De gehele set van de vegetatieopnamen is opgenomen in bijlage 4. Het zomerseizoen van 2018 was een uitzonderlijk droog jaar en heeft een grote invloed uitgeoefend op de vegetatie.

Statistische analysen
Verschillen tussen behandelingen in vegetatiesamenstelling (bedekking en soortenaantallen) werden getoetst in R Studio versie 3.6.3 een Generalized linear mixed model fit by maximum likelihood (Laplace Approximation) [glmerMod] Family: Gamma (identity) of Gamma (log). In dit onderzoek werden alleen de begraasde proefvlakken getoetst en was het aantal replica's 3. De resultaten werden afzonderlijk per jaar getoetst, en werden de behandel-effecten vergeleken met de onbehandelde controle.

5.2 Algemene vegetatiebeschrijving en ontwikkeling

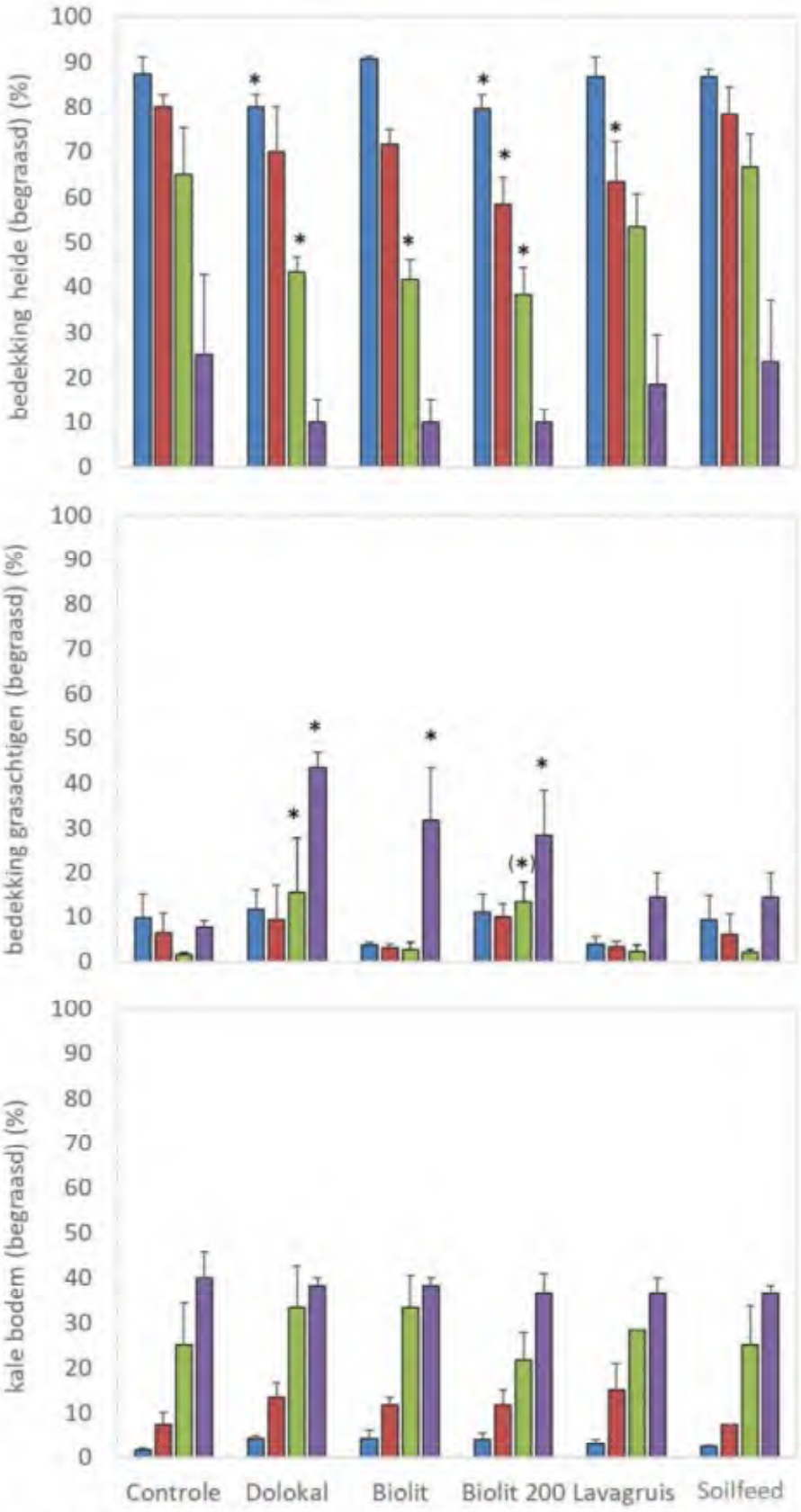
De droge heide in Strabrecht werd gekenmerkt door het abundant voorkomen van algemene droge heidesoorten. Struikhei (*Calluna vulgaris*) was -zeker bij aanvang van het experiment- in alle proefvlakken de dominante en aspect bepalende soort (Figuur 5.1). Bochtige smele (*Deschampsia cespitosa*), Fijn schapegras (*Festuca filiformis*) en Pilzegge (*Carex pilulifera*) waren de meest voorkomende grasachtigen (grassen, zeggen en russen). In 2019 werden in twee proefvlakken enkele exemplaren Klein warkruid (*Cuscuta epithymum*) aangetroffen parasiterend op Struikhei (Rode Lijst kwetsbaar; Typische soort N2000 voor Stuifzandheiden met Struikhei).

Figuur 5.1. Impressie van de Strabrechtse Heide met Struikhei (Calluna vulgaris) als dominante soort in de vegetatie. Foto: 5.1.2e *, 23 augustus 2019.*

60244 0033

De proefvlakken in het begraasde deel op de Strabrechtse Heide lieten over de jaren een afname zien in de bedekking door heide (Figuur 5.2 en 5.3). Bij aanvang van het experiment (2015) was de gemiddelde bedekking door Struikhei 80-90%. In 2019 lag de bedekking gemiddeld tussen 10 en 25%. In 2017 was de heidebedekking in de proefvlakken met Biolit en Dolokal significant lager ten opzichte van de controle (Figuur 5.3). De sterkste afname trad op tussen 2017 en 2019. De moslaag liet eenzelfde ontwikkeling zien. Bij aanvang van de proef in 2015 was deze goed ontwikkeld (>85% bedekking). Naast Heideklauwtjesmos (*Hypnum jutlandicum*) hadden ook Grijs kronkelsteeltje (*Campylopus introflexus*) en Gewoon dikkopmos (*Brachytecium rutabulum*) een redelijke bedekking. In 2019 was de mosbedekking net als de heidebedekking sterk afgenomen en varieerde deze tussen 25 en 35%.
Sinds 2017 nam het aandeel grasachtingen in de Biolit en Dolokal proefvlakken significant toe met in 2019 een gemiddelde van 43% in de Dolokal en 30% in de Biolit proefvlakken vergeleken met 8% in de controle. Tegelijk met de sterke afname van de heide- en mosbedekking was de trend dat sinds 2019 de bedekking door grasachtigen en kale bodem is toegenomen (naar gemiddeld 15-45% grasachtigen, respectievelijk 35-40% kale bodem; Figuur 5.3). Deze effecten op grasachtigen en kale bodem leken vooral het gevolg van integrale begrazing en betreding door Schotse hooglanders, omdat ze in alle proefvlakken optraden inclusief de controlevlakken. Bovendien waren in het onbegraasde deel deze ontwikkelingen veel minder duidelijk zichtbaar (zie paragraaf 5.4). Toch was ook in het onbegraasde deel de heidebedekking lager geworden (-70%). Het is aannemelijk dat de extreme droogte in 2018 en 2019 de vitaliteit van Struikhei heeft aangetast.

Figuur 5.2. In het begraasde deel van de Strabrechtse heide is de heidevegetatie duidelijk veranderd. In alle proefvlakken, ook de controlevlakken, is de heidebedekking behoorlijk afgenomen. De oppervlakte kale bodem en de bedekking met laagblijvende grassoorten, zoals Fijn schapengras (Festuca filiformis) en Vroege haver (Aira praecox) is juist toegenomen. Als voorbeeld een controle proefvlak in 2017 (boven) en hetzelfde vlak in 2019 (onder). Foto: 5.1.2e



*Figuur 5.3. Ontwikkeling van de bedekking van heidesoorten, grasachtigen en kale bodem ($\bar{x}$ ± standaardfout) in de periode 2015, 2016, 2017 en 2019 na de toediening van de verschillende behandelingen op het begraasde deel van de Strabrechtse heide. * geeft binnen ieder jaar de significante verschillen aan t.o.v. controle ($p<0,05$), (*) geeft trend weer ($0,05<p>0,1$).*

5.3 Effecten van steenmeelsoorten op de vegetatie (begraasde deel)

In 2017, drie jaar na de start van het experiment, begonnen duidelijke effecten zichtbaar te worden en verschuivingen op te treden in de vegetatiesamenstelling en abundaties van soorten. De Schotse hooglanders hadden duidelijk een grotere voorkeur om te grazen in het gebied waar de proefvlakken waren uitgelegd dan in de omgeving. De vegetatie werd meer afgegraasd en, met name de oude Calluna-struiken, werden vertrapt. In de eerste jaren leek het vee een voorkeur te hebben voor de met steenmeel of dolokal-behandelde proefvlakken (dit werd echter niet onderzocht). Ook in de controlevlakken was de heidebedekking in de loop van de jaren afgenomen van bijna 90% in 2015 tot gemiddeld 65% in 2017 en gemiddeld 25% in 2019.
In de proefvlakken waar Dolokal, Biolit 100 en Biolit 200 werd toegediend was de bedekking door Struikhei in 2017 al significant lager (-40%) dan in de controle (65%) (Weijters et al., 2018). Deze ontwikkeling heeft zich doorgezet en de heidebedekking was in 2019 in alle proefvlakken laag (slechts gemiddeld 10 tot maximaal 25%). Hoewel in de vlakken met Biolit (100 en 200) en Dolokal de bedekking weer het laagst was, waren de verschillen statistisch niet meer significant (Figuur 5.3).

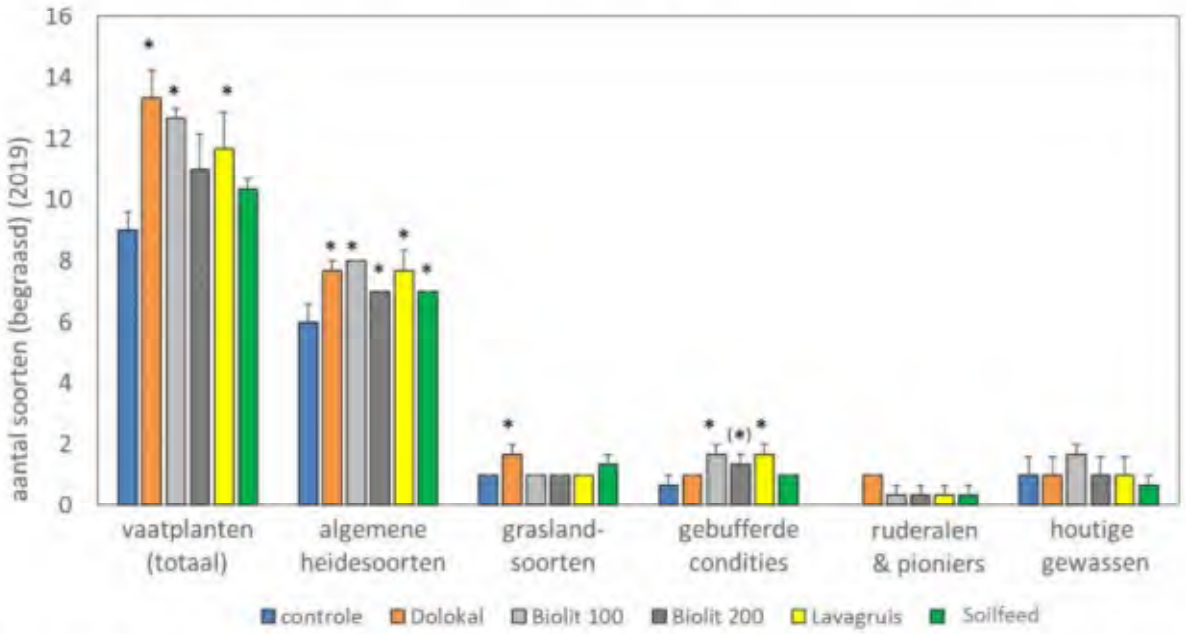
Figuur 5.4. Voorbeeld van de verschillende ontwikkeling in de bedekking van grasachtigen in 2019 in een controle vlak (1C) en de opvallende toename in een met Dolokal behandeld proefvlak (1D). Door behandeling met Dolokal zijn de grassen significant toegenomen. Zie figuur 5.5 voor een detailopname. Foto: 5.1.2e .

De grasachtigen (Poaceae, Cyperaceae en Juncaceae) lieten in 2019 juist een toename in de bedekking zien ten opzichte van de jaren ervoor (Figuur 5.3 en 5.4). In de behandeling met Dolokal was de grasbedekking significant hoger (40%) dan in de controle (10%). In de beide Biolit-behandelingen was de grasbedekking ook significant hoger met circa 30%. De grassoorten die toegenomen waren, waren Fijn schapengras (*Festuca filiformis*), Vroege haver (*Aira praecox*) en Gewoon struisgras (*Agrostis cf. capillaris*) (Figuur 5.5). Op dergelijke graziger plekken kwam ook Schapenzuring (*Rumex acetosella*) soms in grote aantallen voor. Deze grasvegetaties waren laag productief en boden nog steeds ruimte voor vestiging van andere plantensoorten.
Het percentage kale bodem was in alle behandelingen wel toegenomen van 2-4% in 2015 tot 20-30% in 2017 en rond 40% in 2019. Tussen de behandelingen werden echter geen verschillen gevonden (Figuur 5.3).

Figuur 5.5. Detailopname van de grasvegetatie in 2019. De geel verdroogde planten zijn de restanten van Vroege haver (Aira praecox), in groen voornamelijk Fijn schapengras (Festuca filiformis). De bloeiwijzen van Schapenzuring (Rumex acetosella) kleuren deze plekken rood. Dergelijke plekken zijn laag productief (vegetatiehoogte 5-10 cm). Foto: 5.1.2e .

De soortenrijkdom is uitgedrukt als het aantal soorten vaatplanten en (korst)mossen per oppervlakte-eenheid. In de proefvlakken op de droge heide in Strabrecht kwamen gemiddeld circa 9-15 soorten vaatplanten en 2-5 soorten mossen en korstmossen voor in een proefvlak van 8 x 8 m (Figuur 5.6; bijlage 4). Op de Strabrechtse heide werden in 2019 tussen de behandelingen voor het eerst significante verschillen gevonden in soortenrijkdom. De proefvlakken behandeld met Dolokal en Biolit 100 kenden een hogere gemiddelde soortenrijkdom vergeleken met de controlevlakken.
Naast verschuivingen in soortenrijkdom kunnen veranderingen in de vegetatie ook tot uitdrukking komen in verschuivingen in soortensamenstelling. De vaatplanten die werden aangetroffen in de opnamen zijn ingedeeld in een aantal soortgroepen, te weten algemene soorten van heiden, soorten kenmerkend voor meer gebufferde condities, graslandsoorten, zaailingen van bomen of struiken en ruderale soorten en pioniers (voor indeling per soort zie bijlage 4).

Algemene heidesoorten werden vanzelfsprekend het meest aangetroffen en soorten van overige soortgroepen waren veel minder aanwezig. Dit waren bijvoorbeeld Struikhei, Bochtige smele, Pilzegge (Carex pilulifera), Fijn schapengras en Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*). Graslandsoorten waren naast Gewoon struisgras (*Agrostis capillaris*), Paardenbloem (*Taraxacum officinalis*) en in een enkel proefvlak Gewoon reukgras (*Anthoxanthum odoratum*). Het aantal soorten van wat sterker gebufferde omstandigheden was op de Strabrechtse heide beperkt tot Vroege haver (*Aira praecox*) en Gewoon biggekruid (*Hypochaeris radicata*) (bijlage 4 en Figuur 5.6).



*Figuur 5.6. Totaal aantal soorten vaatplanten en de verdeling over verschillende soortgroepen in 2019 ($\bar{x}$ ± standaardfout) voor de planten die zijn waargenomen in het begraasde deel op de Strabrechtse Heide (n=3). * geeft de significante verschillen aan t.o.v. controle (p<0,05), (*) geeft trend weer (0,05<p>0,1).*

Qua ruderalen en pioniers (Figuur 5.6) werden in eerdere jaren in Strabrecht relatief veel soorten en aantallen waargenomen, waaronder Waterpeper (*Persicaria hydropiper*), een éénjarige soort die normaal gesproken op natte, stikstofrijke standplaatsen voorkomt. In 2017 werden hiervan slechts enkele individuen teruggevonden. In 2019 werden weer minder individuen aangetroffen en waren de ruderalen en pioniers vooral beperkt tot Canadese fijnstraal (*Erigeron canadensis*) en een enkel individu van Klein kruiskruid (*Senecio vulgaris*) of Zwarte nachtschade (*Solanum nigrum*). Het laat zien dat deze soortgroep niet erg bestendig is in de proefvlakken. Waarschijnlijk heeft het uitzonderlijk droge voorjaar in 2017 en de droge zomers van 2018 en 2019 de overlevingskansen van deze soorten sterk bepaald.
De behandelingseffecten op de verdeling van soortgroepen waren beperkt. In de behandeling met Dolokal, Biolit100 en Lavagruis werden significant meer soorten vaatplanten aangetroffen. In alle steenmeelbehandelingen en de Dolokal behandeling werden significant meer algemene heidesoorten aangetroffen ten opzichte van de controle (Figuur 5.6). In de Dolokal behandeling werden significant meer graslandsoorten aangetroffen. Soorten van gebufferde condities werden significant meer aangetroffen in de Biolit behandelingen en de Lavagruis behandeling (Figuur 5.6).

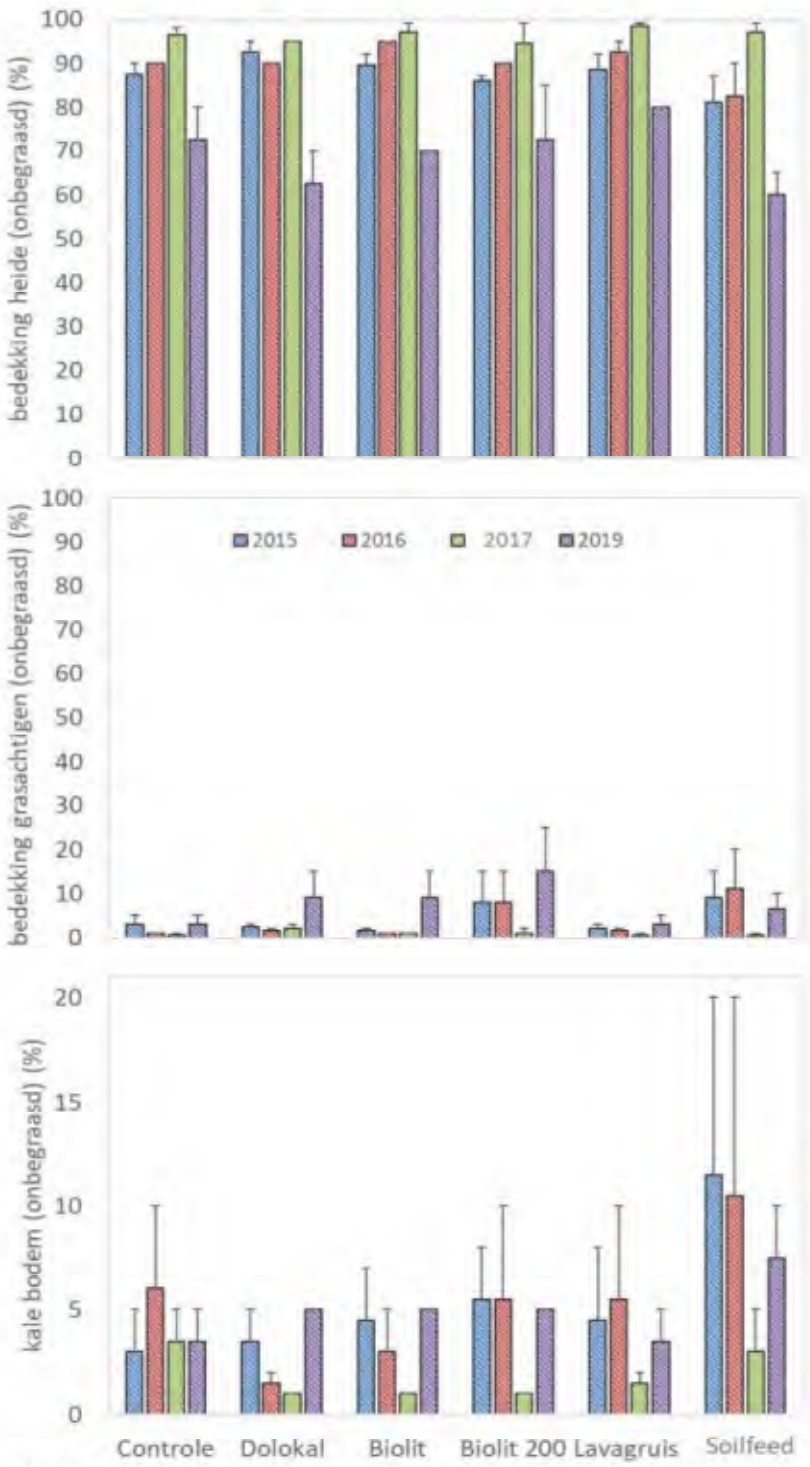
5.4 Effecten van begrazing op de Strabrechtse heide

Op de Strabrechtse heide zijn de 5 replica's van de proefvlakken verspreid over een deelgebied dat integraal begraasd wordt door Schotse hooglanders en heideschapen (n=3) en een deelgebied dat 'onbegraasd' is (n=2). In het veld werden een aantal duidelijke verschillen waargenomen tussen beide

deelgebieden, die waarschijnlijk toe te schrijven zijn aan de aanwezigheid van deze grazers (Figuur 5.7).

Figuur 5.7. Op de Strabrechtse heide werd een groot deel van de heide tot het voorjaar van 2020 begraasd door Schotse hooglanders en schapen (augustus 2016). Foto: 5.1.2e .

In de proefvlakken in het begraasde deel waren met name in de oude struikheivegetatie duidelijke sporen van vertrapping te zien en verspreid over de proefvlakken werden veel uitwerpselen Schotse hooglanders en schapen gevonden. We kunnen daaruit afleiden dat de dieren regelmatig door de proefvlakken lopen. In het veld bestond de indruk dat de grazers een voorkeur hadden voor de vegetatie in de proefvlakken. Naast toename van structuurverschillen in de vegetatie bood de toename van de hoeveelheid open bodem meer kiemingsmogelijkheden. In eerdere jaren werd geconstateerd dat via de vacht en/of de uitwerpselen door het vee plantenzaden aangevoerd werden van ruderale en graslandsoorten (o.a. vanuit drinkplaatsen).
In het onbegraasde deel werden de opnamen in duplo gemaakt waardoor een statistische analyse op verschillen tussen behandelingen niet mogelijk was (Figuur 5.8). Wel konden uit de observaties -en vooral uit vergelijking met de proefvlakken in het begraasde deel- een aantal trends worden afgeleid: Opvallend genoeg zagen we ook in het onbegraasde deel dat de heidebedekking in 2019 in alle proefvlakken lager was dan in voorgaande jaren (60-80% versus 95% in 2017, Figuur 5.8). Dit duidt erop dat de droogte van 2018 en 2019 een behoorlijk sterk effect heeft gehad op de heidevegetatie in Strabrecht. Toch was de heidebedekking in de onbegraasde proefvlakken veel hoger dan in de begraasde plots (vergelijk Figuur 5.3). Net als bij de begraasde vlakken leken ook de grassen mogelijk iets toegenomen in 2019, en dan met name bij de Dolokal en Biolit behandelingen, maar om deze observaties echt goed te kunnen onderbouwen zou uitbreiding van onderzoek noodzakelijk zijn.



Figuur 5.8. De ontwikkeling van de heidebedekking ($\bar{x}$ ± standaardfout) in de periode 2015, 2016, 2017 en 2019 op het onbegraasde deel van de Strabrechtse heide.

5.7 Conclusies

- De bedekking van heide en mos daalde sterk over de jaren in de begraasde proefvlakken. Tegelijkertijd was de trend dat de bedekking van grasachtigen en kale bodem toenam, waarschijnlijk als gevolg van integrale begrazing door Schotse hooglanders, en versterkt door de zomerdroogte van 2018.

- In de onbegraasde proefvlakken werd eveneens een daling van de heidebedekking geconstateerd, veroorzaakt door de extreme droogte van 2018.
- In de proefvlakken waar Dolokal, Biolit 100 en Biolit 200 werd toegediend was de bedekking door Struikhei in 2017 al significant lager (Weijters et al., 2018). Deze ontwikkeling heeft zich vervolgens doorgezet en de heidebedekking was in 2019 in alle begraasde proefvlakken laag (slechts gemiddeld 10 tot maximaal 25%).
- In de Dolokal-behandeling was de grasbedekking in het vijfde effectjaar significant hoger dan in de controle van de begraasde proefvlakken. Er was geen sprake van verruiging, maar een toename van laagproductieve grassoorten (zoals Fijn schapengras, Vroege haver en Gewoon struisgras).
- In de beide Biolit-behandelingen was de grasbedekking in het vijfde effectjaar significant hoger dan in de controle.
- Op de Strabrechtse heide werden in 2019 tussen de behandelingen voor het eerst significante verschillen gevonden in soortenrijkdom. De begraasde proefvlakken behandeld met Dolokal en Biolit 100 hadden gemiddeld meer soorten vaatplanten dan de controlevlakken. Voor Biolit 100 gold dat dit ook zichtbaar was in de algemene heidesoorten.
- Algemene heidesoorten werden vanzelfsprekend het meest aangetroffen en soorten van overige soortgroepen waren veel minder aanwezig. Het aantal soorten van wat meer gebufferde omstandigheden was op de Strabrechtse heide beperkt tot Vroege haver (*Aira praecox*) en Gewoon biggenkruid (*Hypochaeris radicata*) en werden met name aangetroffen in de Biolit en Lavagruis behandeling.
- Het aandeel ruderalen en pioniersoorten nam sinds 2017 af en werden in het vijfde effectjaar nog minder aangetroffen.

6 Paddenstoelen

6.1 Inleiding

In 2018 en 2019 werd in alle proefvlakken de samenstelling van de paddenstoelen in kaart gebracht. De resultaten werden negatief beïnvloed door het weer, de jaren 2018 en 2019 waren over de hele periode droog, vooral 2018 was extreem. De verzamelde waarnemingen zijn daarom nog tamelijk incompleet. Om een goed beeld te krijgen van een stabiele situatie, moeten de proefvlakken drie tot vier jaar achter elkaar bekeken worden en dat minstens 2x per jaar. Echter, in de proefvlakken is vermoedelijk ook nog sprake van een ontwikkeling als gevolg van de behandelingen, waardoor het nodig is om nog wat frequenter te monitoren. De hier verzamelde gegevens moeten dan ook vooral als een voorlopige indicatie van de ontwikkelingen in de mycoflora gezien worden.

6.2 Methoden

Verzamelen en verwerken van paddenstoelwaarnemingen
Per proefvlak werden alle soorten genoteerd die in het veld op naam gebracht konden worden. Ook werd een deel van de soorten op naam gebracht na microscopische controle. Echter, een klein deel van de vruchtlichamen werd niet op naam gebracht en dus ook niet meegenomen in de analyse. Strooiselafbrekers werden wel meegenomen, maar niet de paddenstoelen die op afgestorven kruiden en dergelijke groeiden die nog geen onderdeel van de strooisellaag vormden.
Per soort werd genoteerd hoeveel vruchtlichamen er in het proefvlak (10 bij 10 m) gevonden werden. Daarvoor werden de volgende categorieën gehanteerd:
1 = 1-9 vruchtlichamen
2 = 10-99 vruchtlichamen
3 = 100-999 vruchtlichamen
4 = 1000 of meer vruchtlichamen.
De proefvlakken werden beide jaren bezocht in een voor paddenstoelen gunstige perioden; in de maanden augustus tot en met november na voldoende regen.

Een positieve of een negatieve respons op behandelingen werd niet met harde, rekenkundige waarden onderbouwd. De beoordeling werd toegekend als het verschil met de controle op één van de volgende wijzen duidelijk was:

- De soort kwam in vrijwel alle proefvlakken voor, maar verschilde gemiddeld duidelijk in abundantie tussen de behandelingen. Dat wil zeggen een hele abundantiecategorie of meer;
- De soort kwam slechts in een aanzienlijk deel van de proefvlakken voor, maar in een behandeling 2x vaker dan elders en doorgaans ook met meer vruchtlichamen.
- De soort kwam slechts incidenteel voor, maar dan vrijwel uitsluitend in een bepaalde behandeling;
- In enkele gevallen werd een kenmerkende soort van basische bodem, die alleen gevonden werd in behandelingen met grote hoeveelheden kalk, als een respons op bekalking gekenmerkt.

Een positieve of negatieve trend werd toegekend bij de volgende patronen:

- De soort kwam in vrijwel alle proefvlakken voor, maar verschilde enigszins in abundantie per behandeling (een halve tot een hele abundantiecategorie);
- De soort kwam slechts in een aanzienlijk deel van de proefvlakken voor, maar in een behandeling 1,5-2x vaker dan elders, of met een 1,5-2x hogere abundantiecategorie;
- De soort kwam slechts eenmaal voor en uit de literatuur is bekend dat de soort ook kenmerkend is voor alleen de zuurgraad in het proefvlak (zeer zuur of juist duidelijk basisch).

In alle andere gevallen werden vruchtlichamen gevonden zonder duidelijke verdeling over de behandelingen, werden slechts in enkele proefvlakken vruchtlichamen gevonden en was de verdeling onzeker (bijvoorbeeld 2:1 of 3:2), of werd een soort slechts in 1 proefvlak aangetroffen. Er werd geen poging gedaan om ook een 0-respons (geen reactie op de behandeling) vast te stellen. Dat wil zeggen, er is niet gekeken of met enige zekerheid kon worden vastgesteld dat een soort niet op de behandeling reageert.

Groepen van indicatieve paddenstoelen
In totaal werden ongeveer 70 soorten gevonden in de proefvlakken (zie Bijlage 6). Een groot deel van de soorten werd slechts één of enkele malen aangetroffen. Van de soorten die min of meer regelmatig werden aangetroffen waren er die geen duidelijke reactie vertoonden op de toegepaste behandelingen. Er bleven 35 soorten over die een positieve of negatieve reactie vertoonden op de behandelingen, of een trend die wees op een mogelijke reactie. Deze soorten werden in ecologische groepen verdeeld. De volgende groepen werden hierin onderscheiden:

De soorten op zure heidebodem zijn voor het grootste deel soorten die fijne humus afbreken. Valse hanenkam zit het meest op strooisel. De met mos geassocieerde soorten groeien vooral bij slaapmossen en grote topkapselmossen zoals Haarmossen (*Polytrichum spp.*). De relatie met mossen is veelal nog onduidelijk. De groep stikstof- en zuurtolerante mycorrhiza-paddenstoelen bestaat louter uit zeer algemene soorten van de zandgronden. Deze groep is nog veel groter, maar veel soorten vertonen geen duidelijke reactie op toediening van steenmeel of kalk.

De groep soorten die niet te zuur humus en strooisel afbreken bestaat vooral uit soorten met een brede voorkeur voor zuurgraad: van matig zuur tot tamelijk basisch. De grote strooiselafbrekers vertonen een zekere taxonomische overeenkomst; het betreft witsporige paddenstoelen met meest aflopende plaatjes. Op de heide komen ze minder frequent voor.

Een aparte groep wordt gevormd door de buikzwammen uit de geslachten Bovista en Lycoperdon, en enkele kleine aanverwante geslachten. Deze bevatten soorten die in bos, heide of grasland voorkomen. Sommige soorten staan op dikkere strooisellagen, maar de meeste soorten staan op strooiselvrije bodem en leven kennelijk vooral van humus.

De groep met algemene graslandpaddenstoelen bestaat uit twee subgroepen. Zandkaalkopje (Deconica montana) staat bij voorkeur in droge graslanden. De overige soorten staan in voedselrijk grasland en vaak zelfs op mest.
Tenslotte blijft er een kleine restgroep over van soorten die zich moeilijk laten indelen. Deze soorten zijn algemeen en hebben een brede ecologische range.

60244 0033

Tabel 6.1: Soortindeling per ecologische groep. Ge = gevoelig.

Ecologische groep	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Rode lijst
Soorten van zure heidebodem	*Entoloma fernandae*	Gewone heidesatijnzwam	
	Hygrophoropsis aurantiaca	Valse hanenkam	
	Mycena cinerella	Grijze mycena	
	Mycena epipterygia s.s.	Graskleefsteelmycena	
Soorten op/bij mos op zure bodem	*Galerina hypnorum*	Geelbruin mosklokje	
	Galerina mniophila	Vaal mosklokje	
Soorten op/bij mos op minder zure bodem	*Galerina unicolor*	Weidemosklokje	
	Rickenella fibula	Oranje trechtertje	
	Rickenella swartsii	Paarsharttrechtertje	
Mycorrhiza-paddestoelen, zuur- en stikstoftolerant	*Laccaria proxima*	Geschubde fopzwam	
	Thelephora terrestris	Franjezwam	
Afbrekers van niet te zure humus en strooisel	*Clitopilus hobsonii*	Gewone schelpjesmolenaar	
	Mycena acicula	Oranje dwergmycena	
	Mycena leptocephala	Stinkmycena	
	Mycena speirea	Breedplaatmycena	
Grote strooiselafbrekers, m.n. trechterzwammen	*Clitocybe agrestis*	Bleke veldtrechterzwam	
	Clitocybe diatreta	Vaalroze trechterzwam	
	Clitocybe marginella	Bleekrandtrechterzwam	
	Clitocybe metachroa	Tweekleurige trechterzwam	
	Clitocybe rivulosa	Giftige weidetrechterzwam	
	Gymnopus dryophilus	Eikenbladzwam	
	Lepista nuda	Paarse schijnridderzwam	
	Rhodocollybia butyracea	Botercollybia	
Humusafbrekers: buikzwammen	*Bovista pusilla s.l.*	Kleine bovist	
	Lycoperdon molle	Zachtstekelige stuifzwam	
	Vascellum pratense	Afgeplatte stuifzwam	
Algemene graslandpaddestoelen	*Conocybe pubescens*	Donzig breeksteeltje	
	Deconica montana	Zandkaalkopje	
	Paneolus acuminatus	Spitse vlekplaat	
	Psilocybe semilanceata	Puntig kaalkopje	Ge
Overige soorten	*Galerina atkinsoniana*	Behaard barnsteenmosklokje	
	Galerina pumila	Honinggeel mosklokje	
	Lyophyllum tylicolor	Kleine grauwkop	
	Mycena filopes	Draadsteelmycena	
	Mycena metata	Dennenmycena	

6.2 Resultaten

Droge heide waarin Struikhei dominant is, is een vegetatietype dat vrij arm is aan paddenstoelen. In 2019 kwamen in de controlebehandeling slechts 14 soorten paddenstoelen voor. Per proefvlak werden ongeveer 5 soorten gevonden. Deels kwam dit door het onvolledige beeld omdat de proefvlakken slechts 3x werden bezocht in voor paddenstoelen matige omstandigheden. Vaak talrijk aanwezig was de Paardenhaartaailing (*Gymnopus androsaceus*), die als een van de weinige soorten in staat is om het houtige strooisel van struikhei af te breken. Daarnaast was de moslaag goed ontwikkeld en dit

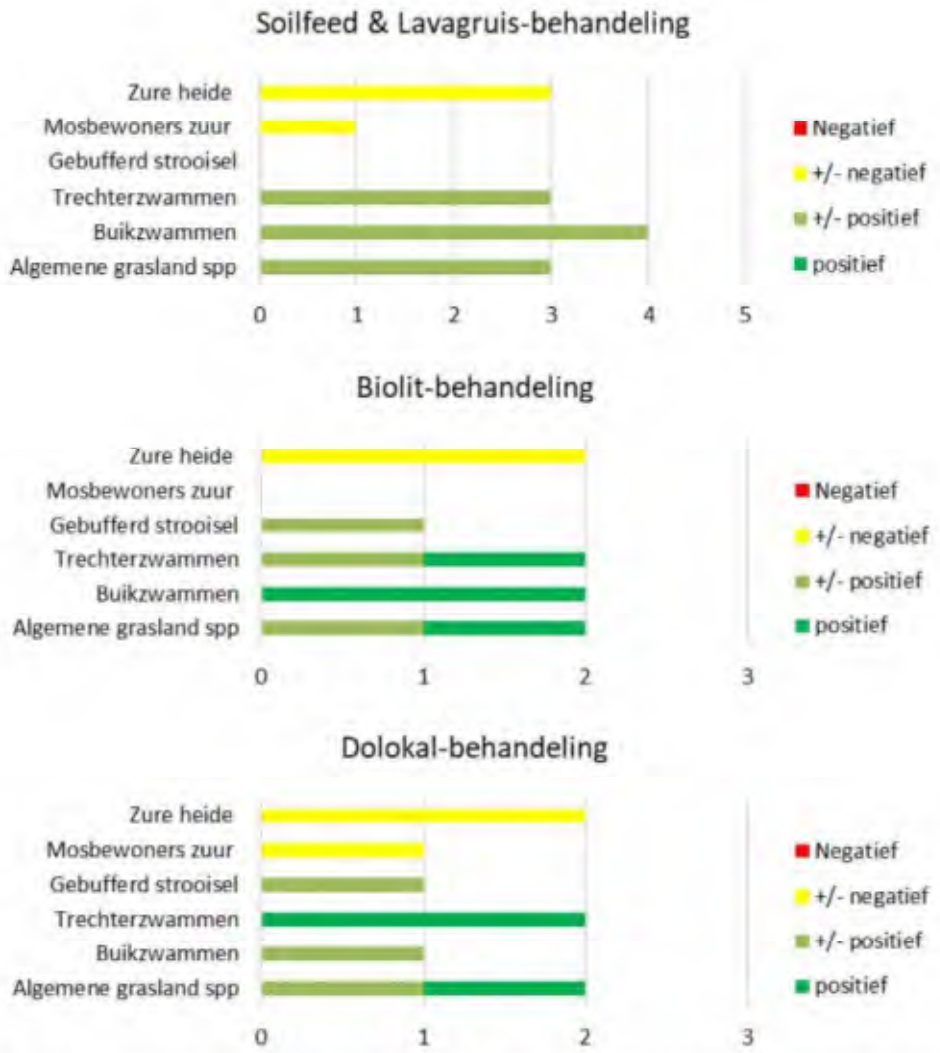
biedt mogelijkheden voor met mos samenlevende soorten. Vooral het Oranje trechtertje (*Rickenella fibula*) en het Behaard barnsteenmosklokje (*Galerina atkinsoniana*) werden veel aangetroffen. Verder waren er vooral mycena's aanwezig, die vermoedelijk leven van de humusafbraak. Met name Melksteelmycena (*Mycena galopus*), Kleine bloedsteelmycena (*Mycena sanguinolenta*) en de Grijze mycena (*Mycena cinerella*) werden regelmatig gevonden. Deze basis aan soorten kan ook gevonden worden in zure naaldbossen. Incidenteel waren ook meer kenmerkende heidesoorten aanwezig, zoals Heidesatijnzwam (*Entoloma fernandae*), Heidezwavelkop (*Hypholoma ericaeum*) en Zandkaalkopje (*Deconica montana*). Proefvlakken 1 t/m 3 lagen in door runderen begraasde heide. Dit leverde vooral een aantal mestbewonende soorten extra op zoals Donzig breeksteeltje (*Conocybe pubescens*) en mestkaalkopje (*Psilocybe coprophila*). De twee soorten Grauwkoppen (*Lyophyllum* spp.) die werden waargenomen, groeien waarschijnlijk op oude urineplekken van de Schotse hooglanders. In deze serie werden in de controlebehandeling 24 soorten waargenomen en ongeveer 7 soorten per proefvlak.

De meest uitgesproken reactie werd waargenomen waar Dolokal vijf jaar geleden was toegediend. In vrijwel alle proefvlakken vestigden zich trechterzwammen en hun verwanten, en buikzwammen. De toename van deze grote strooiselafbrekers is onmiskenbaar een signaal dat de afbraak van organisch materiaal hier in een stroomversnelling komt. Meest gevonden waren Bleekrandtrechterzwam (*Clitocybe marginella*), Paarse schijnriddder (*Lepista nuda*) en Kleine bovist (*Bovista pusilla*). Ook mest-bewonende soorten leken in lichte mate te worden gestimuleerd. De zuurminnende soorten handhaafden zich vrij goed, maar de Grijze mycena werd niet gevonden in de Dolokal-behandeling en dat resulteerde in een zwakke afname van soorten van zure heidebodem (Figuur 6.1). Daar staat tegenover dat de Breedplaatmycena (*Mycena speirea*), uit de gebufferde strooiselgroep, niet in de controle werd gevonden maar wel veel in de Dolokal-behandeling.

De behandeling met Biolit gaf veranderingen in de mycoflora die nog het meest leken op die bij Dolokal (Figuur 6.1). Alleen bij Dolokal en Biolit werden Paarse schijnridder en Breedplaatmycena gevonden, maar in de Biolit-behandeling wel minder frequent. Het aantal trechter- en buikzwammen was ongeveer gelijk aan de Dolokal-behandeling, de Grijze mycena werd in de Biolit-behandelingen slechts 1x aangetroffen. Zandkaalkopje leek bij Biolit een sterker positieve reactie te vertonen dan bij Dolokal. Er is vrijwel geen verschil in reactie van fungi tussen de proefvlakken met fijnkorrelig of grofkorrelig Biolit. Het Gewoon vilthoedje (*Ripartites tricholoma*) werd alleen 3x in de Biolit-behandelingen waargenomen. Wellicht kan deze soort toegedeeld worden aan de groep met trechterzwam-achtigen, maar de soort is minder algemeen en minder gebonden aan dikke strooisel- en humuslagen.

Ook in de Soilfeed en Lavagruis-behandelingen namen trechter- en buikzwammen sterk toe, maar wel iets minder dan bij Biolit of Dolokal. Ook het Zandkaalkopje nam toe en verdween de Grijze mycena (zwakke afname soorten zure heidebodem; Figuur 6.1). Maar Paarse schijnridder en Breedplaatmycena werden niet waargenomen. Relatief veel gezien waren Puntig kaalkopje (*Psilocybe semilanceata*) en, in de Soilfeed-behandeling, Eikenbladzwammetje (*Gymnopus dryophilus*). Het is echter te vroeg om te kunnen concluderen dat bepaalde soorten aan bepaalde typen steenmeel zijn gebonden.

60244 0033



Figuur 6.1. Reacties van de onderscheiden indicatieve groepen paddenstoelen op toediening van Soilfeed en Lavagruis (boven), Biolit (midden) en Dolokal (onder) op droge heide. Per soortgroep is aangegeven hoe vaak een soort uit deze groep op de in de legenda weergegeven manier reageert op de behandeling. Een onzekere of nul-respons is weggelaten.

6.4 Conclusies

- Het voorlopige beeld qua paddenstoelen bestaat grofweg uit een driedeling tussen controle, Lavagruis- en Soilfeed-behandeling en de Biolit- en Dolokal-behandeling;
- Door toediening van Biolit of Dolokal gingen enkele zuurminnende soorten achteruit, en namen trechter- en buikzwammen toe. De toename van trechter- en buikzwammen is een signaal dat de afbraak van organisch materiaal in deze proefvlakken in een stroomversnelling komt. Hieronder ook triviale soorten als Paarse schijnridder en Breedplaatmycena, zeer algemene soorten met een brede ecologische amplitude;
- In de Soilfeed en Lavagruis-behandelingen werden geen triviale soorten aangetroffen;
- In de controle werden twee bedreigde soorten 1x waargenomen: Heidesatijnzwam en Heidezwavelkop. De laatste werd ook 1x waargenomen in de Soilfeed-behandeling;
- In de begraasde proefvlakken werden meer mestpaddenstoelen aangetroffen, in combinatie met steenmeel of Dolokal-toediening leidde dit ook tot meer Puntig kaalkopje en Zandkaalkopje (soorten die bij voorkeur in matig voedselrijk, respectievelijk droog grasland groeien);

- Soorten uit de groep van biotrofe graslandpaddenstoelen werden niet aangetroffen, dit in tegenstelling tot vergelijkbare experimenten in vochtige, vergraste heide.

7 Fauna

7.1 Inleiding

In de eerste fase van het onderzoek (zie Vogels et al. 2018, Weijters et al. 2018) bleek een duidelijk verschil te bestaan in de ontwikkeling van de vegetatie én de fauna tussen de begraasde (n=3) en onbegraasde (n=2) blokken. In het tweede bemonsteringsjaar trad er een verschuiving op in samenstelling van loopkevers in de begraasde proefvlakken, en deze verschuiving was sterker in de met Dolokal en Biolit (100 en 200) behandelde vlakken dan de controle. Lavagruis en Soilfeed behandeling leidde niet tot een duidelijke significante verschuiving in loopkeversamenstelling in de begraasde blokken. In deze tweede fase van het onderzoek zal worden nagegaan of, en in welke mate deze verschuiving heeft doorgezet.

In overlappend lopend onderzoek naar dezelfde typen steenmeel in het Nationale Park de Hoge Veluwe (2016, 2017) werd de fauna respons op de verschillende steenmeel behandelingen gemeten door middel van het bemonsteren van in de bodem en vegetatie aanwezige (larven en imago's van) tweevleugeligen. Deze groep ongewervelden wordt gekenmerkt door een doorgaans korte generatieduur, lage mobiliteit in het larvale stadium en omvat verschillende trofische niveau's (herbivoor, detritivoor, carnivoor) over verschillende families. Uitvoeren van een kwantitatieve bemonstering van deze groep maakt het dus mogelijk om eventuele veranderingen in bodemafbraak processen (detritivoren) en/of plantkwaliteit (herbivoren) als gevolg van de behandelingen te bepalen. Voor de tweede fase van het steenmeelonderzoek op Strabrechtse heide is gekozen om deze methode over te nemen als vervanging van de sleepnetbemonstering in de 1e fase. Dit maakt het mogelijk om de effecten van de behandelingen op Strabrecht te vergelijken met die van het Nationale Park de Hoge Veluwe.

7.2 Methoden

Bemonstering en verwerking
In 2018 en 2019 werd op alle proefvlakken de bemonsteringen uitgevoerd van loopkevers door middel van potvallen. Deze bemonstering werd op dezelfde wijze en in dezelfde periode in het seizoen uitgevoerd als de bemonstering in 2015 en 2016 (Weijters et al. 2018). De bemonsteringsperiode vond plaats tussen 1 mei en 26 september in 2018 (7 leegrondes) en tussen 9 april en 26 september in 2019 (8 leegrondes). In ieder blok van elk zes behandelingen werden in iedere behandeling 3 potvallen ingegraven en gevuld met een laagje 4% formaldehyde oplossing als conserveringsmiddel. Om bijvangst van gewervelden (muizen, reptielen en amfibieën) te beperken en om overmatige verdamping tegen te gaan werden alle potvallen met een dakje afgeschermd. Van elke leegronde werden alle gevangen loopkevers in het determinatielab tot op soortniveau gedetermineerd.
In dezelfde periode als de potvalbemonstering werd bemonstering met emergentievallen uitgevoerd. Deze bemonsteringsmethode richt zich op in de bodem en vegetatie aanwezige imago's en uitsluipende imago's van tweevleugeligen (Diptera). Emergentievallen bestonden uit een kegelvormig metalen frame en waren bekleed met donker materiaal. Boven in de val was een opening met daarop een vangbeker geplaatst. De vangbeker was van transparant materiaal, waardoor de enige lichtbron binnenin de kegel vanuit deze richting komt. Alle fauna die zich in het vangoppervlak van de kegelval bevond of gedurende de vangperiode uitsloop wordt door deze lichtbron naar de vangbeker aangetrokken en viel vervolgens in de vangbeker. De vangbeker was gevuld met een 4% formaldehyde oplossing om de monsters te conserveren. Bij iedere verversingsronde werden de kegelvallen verplaatst om effecten van uitdroging op de vangsten beperkt te houden. In de onderzoeksblokken in het runderbegraasde deel van Strabrechtse heide werden deze emergentievallen met een metalen frame beschermd tegen verstoring door rondlopende runderen (Figuur 7.1). De Diptera in de monsters

60244 0033

werden in het determinatielab met behulp van een stereomicroscoop uitgesorteerd en tot op familieniveau gedetermineerd. Toewijzing van trofische groep werd uitgevoerd op basis van Beuk (2002). Loopkevers werden op basis van de autecologische informatie gegeven in Turin (2000) onderverdeeld in trofische groepen en naar habitatvoorkeur voor nadere analyse.

Figuur 7.1. Situatie van proefvlakken 2 (voorgrond) en 3 (achtergrond). In iedere plot is een emergentieval geplaatst, hier steeds met een beschermkooi om verstoring door grazende runderen te voorkomen. De foto is genomen in augustus 2018, duidelijk te zien is dat de droogte grote invloed heeft gehad op de vitaliteit van Struikhei.

Gegevensanalyse

Aangezien er tussen begraasde en onbegraasde blokken verschillen in aantallen (tweevleugeligen) en/of samenstelling (loopkevers) bestonden, is in de toetsing van significantie hier rekening mee gehouden. Voor tweevleugeligen was dit effect minder sterk dan bij loopkevers, en verschilde bovendien tussen de begraasde blokken onderling eveneens substantieel. Effecten van behandelingen op tweevleugeligen werden daarom getoetst door middel van een Generalized linear model (GLM) met behandelingsblok als extra verklarende variabele. Effecten werden eerst getoetst met een poisson GLM met log-link, in het geval van significante overdispersie werd een negative binomial GLM als toets toegepast. Loopkevers verschilden naast in numerieke respons ook substantieel in algehele samenstelling tussen de begraasde en onbegraasde blokken. De analyse op basis van soorteigenschappen werden daarom uitgevoerd voor enkel de begraasde blokken (n=3), voor de onbegraasde blokken (n=2) was dit gezien het lage aantal overblijvende replica's niet mogelijk. Voor loopkevers werd, gezien het lage aantal replica's, in geval van overdispersie een GLM met quasipoisson verdeling toegepast in plaats van een negative binomial verdeling, omdat deze laatste methode leidde tot een verder verlies van vrijheidsgraden in de statistische toetsing. Alle toetsen werden uitgevoerd per bemonsteringsjaar afzonderlijk. Voor loopkevers werd tevens een analyse uitgevoerd op de respons van de gemeenschapssamenstelling door middel van een NMDS analyse. Alle analysen werden uitgevoerd met het programma R (R Core Team 2018) met gebruik makend van de packages 'MASS' voor GLMs (Venables and Ripley 2002), 'AER' (Kleiber and Zeileis 2008) voor toetsing van overdispersie en 'vegan' (Oksanen 2015) voor NMDS analyse.

7.3 Extreme droogte in 2018

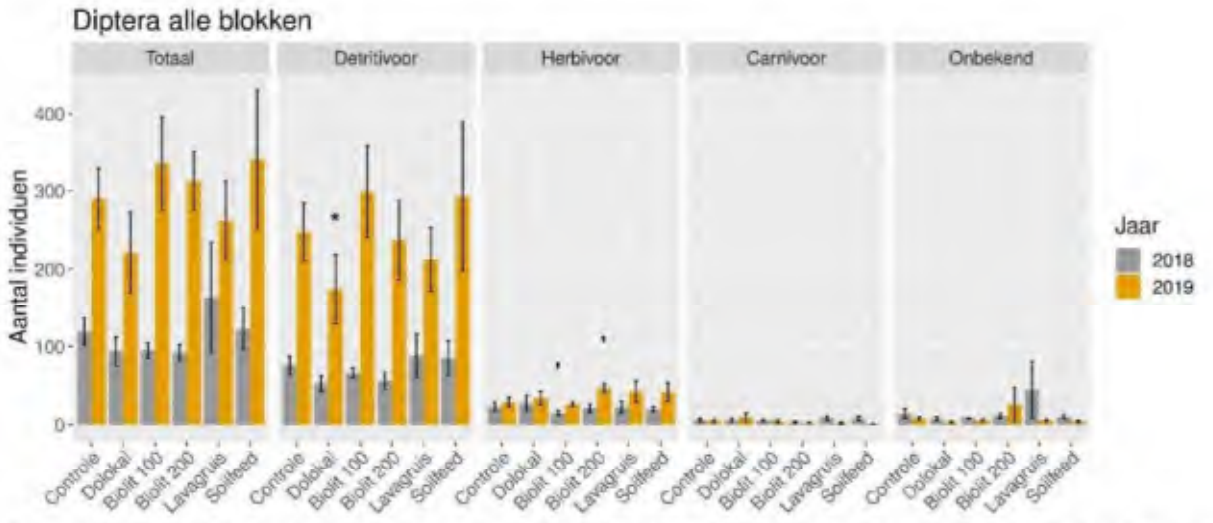
Het zomerseizoen van 2018 was een uitzonderlijk droog jaar en viel net onder het recordjaar van 1976 als naar het absolute neerslagtekort wordt gekeken. In 2018 was met name in de periode mei tot begin augustus het neerslagtekort scherp opgelopen, en piekte in dat moment zelfs kortstondig boven het recordjaar van 1976 (Figuur 7.2). Deze uitzonderlijke droogte heeft uiteraard een grote invloed uitgeoefend op de vegetatie (Figuur 7.2). Daarnaast is dit ook van grote invloed geweest op de fauna bemonsteringen tijdens het droogtejaar, en voor loopkevers ook in het daaropvolgende jaar.

Figuur 7.2. Links: Landelijk gemiddelde neerslagtekort in Nederland in 2018. Brongegevens en figuur ©KNMI, 2018: https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/neerslagtekort_droogte.
Rechts: Tijdens de droogte van 2018 heeft veel sterfte van struikhei opgetreden.

7.4 Tweevleugeligen

Tweevleugeligen respons
Tijdens het droogtejaar (2018) was de dichtheid van tweevleugeligen sterk gereduceerd ten opzichte van het minder droge daaropvolgende jaar (Figuur 7.3). Dit effect bleek vooral door de detritivore families veroorzaakt, die in 2018 slechts een kwart van het aantal individuen ten opzichte van 2019 in de bemonstering uitmaakten. Verreweg de meest abundante groep waren de detritivoren, gevolgd door herbivoren. Carnivoren en families waarbinnen soorten verschillende trofische groepen kunnen innemen ("onbekend") nemen een zeer klein aandeel in binnen de vangsten.

Effecten van behandelingen
In 2018 werd geen significant effect van de behandelingen gevonden op het totaal aantal, noch de verschillende trofische groepen (getoetst voor detritivoren en herbivoren). Het aantal herbivore diptera was wat lager in de Biolit 100 behandelingen, maar dit effect was enkel een significante trend (negative binomial GLM; $z=-1.76$, $p<0.1$). In 2019 was de dichtheid van detritivoren significant lager in de dolokal behandelingen (negative binomial GLM, $z=-1.98$, $p<0.05$), en in dit jaar was er een significant hogere trend (negative binomial GLM, $z=1.93$, $p<0.1$) van herbivoren in de Biolit 200 behandelingen waarneembaar.



*Figuur 7.3. Gemiddeld aantal (± 1 SE) tweevleugeligen (Diptera) aangetroffen in de verschillende behandelingen in 2018 en 2019. *= Significant verschillend ten opzichte van controle (p<0.05). '= Significante trend ten opzichte van controle (p<0.1). Verschillen in aantallen tussen begraasde en onbegraasde proefvlakken zijn weergegeven in de figuur in Bijlage 5.*

7.5 Loopkevers

Loopkever respons

In de eerste fase van dit onderzoek werden in 2015 1517 individuen bemonsterd in de onderzoekslocaties, verdeeld over 43 soorten. 24 soorten zijn te beschouwen als karakteristiek voor heide, inclusief soorten die aan duinen, schraalgraslanden en extensieve akkers geassocieerd worden (9 soorten). In 2016 werden iets meer individuen en soorten bemonsterd: 1600 individuen verdeeld over 45 soorten.

In fase 1 werden de vangsten gedomineerd door 9 soorten (meer dan 5% van de individuen in de vallen tijdens één van de twee bemonsteringsjaren). Dit waren in aflopende aantallen: *Calathus melanocephalus, Dyschirius globosus, Carabus arcensis, Poecilus lepidus, Syntomus foveatus, Carabus problematicus, Carabus clatratus, Poecilus versicolor*, en *Nebria salina*. Codominant (tussen 1 en 5%) waren *Amara lunicollis, Leistus ferrugineus, Oxypselaphus obscurus, Calathus erratus, Carabus nemoralis, Carabus nitens, Bradycellus ruficollis* en *Pterostichus diligens*.

Van deze soorten zijn de rood gemarkeerde te beschouwen als karakteristieke soorten van heidelandschappen, waarbij *N. salina* meer typisch voorkomt in extensieve cultuurlanden zoals akkers en graslanden. Behalve *C. clatratus*, *C. nitens* en *N. salina* zijn deze soorten te beschouwen als gematigd eurytoop tot zeer eurytoop, wat wil zeggen dat zij ook in andere habitattypen dan heidevegetaties zijn aan te treffen. *C. clatratus* is echter een soort die landelijk en internationaal gezien zeer zeldzaam is en sterk achteruitgegaan (Turin 2000). Zeldzaam in de vangpotten aangetroffen stenotope heidekarakteristieke soorten waren *Cymindis humeralis*, een sterk aan droge en open half grazige heide en schraalgraslanden gebonden soort en *Harpalus distinguendis*, een xerofiele soort van heide, schraalgraslanden en extensieve cultuurlanden. Beide soorten hebben een gedeeltelijk tot nagenoeg volledig herbivore voedselstrategie.

In de tweede fase van dit onderzoek trad zoals eerder opgemerkt een extreme periode van droogte op. In het droogtejaar van 2018 werden beduidend meer individuen gevangen dan in de eerdere monsterjaren (2147) en ook wat meer soorten (49) In het daaropvolgende jaar namen de aantallen

gevangen individuen echter zeer sterk af tot 1254, maar het totaal aantal in dit jaar bemonsterde soorten steeg wel naar een totaal van 53.

De dominantiestructuur van de aangetroffen soorten verschoof als gevolg van de droogteperiode; in 2018 kwamen 8 soorten; *Calathus melanocephalus, Dyschirius globosus, Carabus clatratus, Poecilus lepidus, Syntomus foveatus, Poecilus versicolor, Amara lunicollis* en *Amara tibialis* dominant voor, en *Carabus problematicus, Calathus erratus, Cicindela campestris, Harpalus rufipalpis* en *Harpalus tardus* codominant. In 2019 namen het aantal dominant voorkomende soorten af tot slechts 3 soorten: *Carabus clatratus, Poecilus lepidus* en *Syntomus foveatus*. Codominant waren in dat jaar *Calathus melanocephalus, Carabus problematicus, Poecilus versicolor, Amara lunicollis, Calathus erratus, Cicindela campestris, Harpalus rufipalpis* en *Notiophilus aquaticus*.

Opvallend in deze verschuiving was het sterk in aantal achteruitgaan van een aantal voorheen dominant voorkomende soorten (Tabel 7.1). Een zeer sterke achteruitgang van de doorgaans zeer algemeen voorkomende soort *Dyschirius globosus* was erg opvallend. Onder de sterk afnemende soorten vielen hoofdzakelijk eurytope soorten, terwijl de sterk in aantal toegenomen soorten allen karakteristiek waren voor heide of open extensieve cultuurgrond. De heide karakteristieke soort *Carabus arcensis* was een uitzondering hier op, deze nam eveneens sterk af tussen de bemonsteringen in fase 1 en fase 2. Ook was er een aantal soorten die in 2018 profiteerden van de sterke droogte, maar die in het daaropvolgende jaar weer sterk tot zeer sterk afnamen in aantallen, waarbij *Amara tibialis* de meest opvallende stijger en daler was. Dit is een goed vliegend verspreidende soort met een voorkeur voor open, zandige terreinen met een korte vegetatie, die in het droogtejaar in de onderzoekplots massaal wist te koloniseren. Deze en de algemeen in 2018 en 2019 afnemende groep hebben zich tijdens het droogtejaar slecht kunnen handhaven, waarschijnlijk doordat de larven van deze soorten door uitdroging of voedselgebrek een zeer lage overleving hebben gehad in 2018.

Tabel 7.1. Overzicht van de soorten die de sterkste toe- en afname lieten zien tussen de bemonsteringsjaren 2015/2016 en 2018/2019.

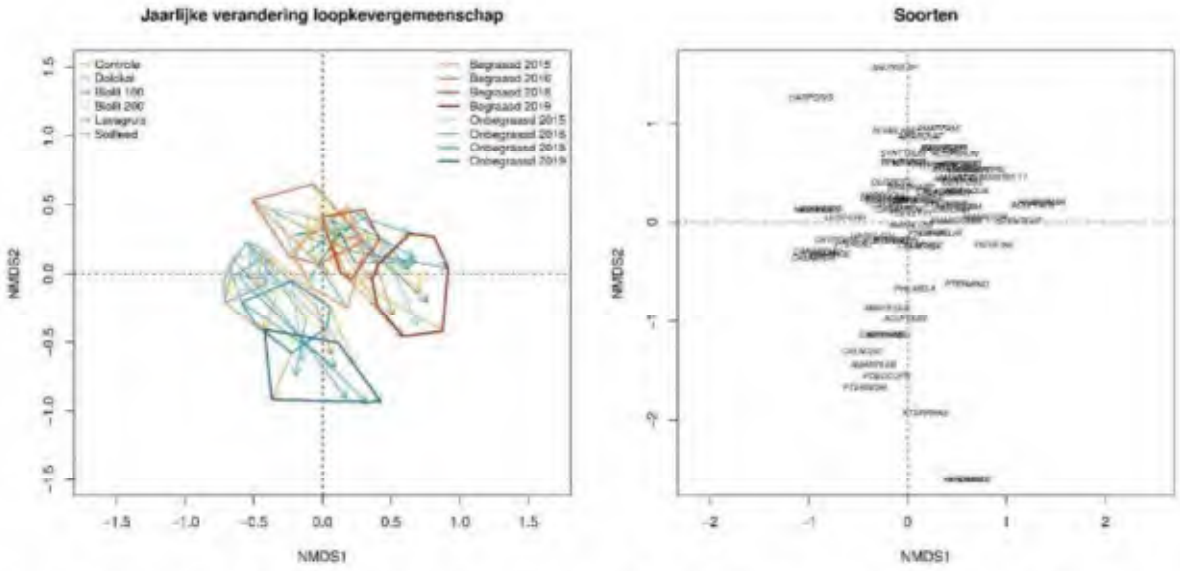
Verandering	Soort	Voedselgilde	Biotoopvoorkeur	Eurytopie	2015	2016	2018	2019
Sterk toegenomen	*Carabus clatratus*	carnivoor	Zeldzaam, heide	0	156	56	465	592
	Cicindela campestris	carnivoor	Heide	5	4	15	31	30
	Harpalus rufipalpis	herbivoor	Extensieve cultuurgrond	6	2	0	50	27
Toename 2018 of 2017, Sterke afname 2019	*Amara lunicollis*	herbivoor	Eurytoop	8	59	26	123	28
	Amara tibialis	herbivoor	Heide, open bodems	6	0	4	122	9
	Harpalus tardus	herbivoor	Eurytoop	8	3	1	25	9
	Poecilus versicolor	carnivoor	Eurytoop	9	67	130	123	56
Sterk afgenomen	*Calathus melanocephalus*	carnivoor	Eurytoop	10	290	191	185	30
	Carabus problematicus	carnivoor	Bossen	7	85	162	93	27
	Carabus arcensis	carnivoor	Heide	6	134	150	20	12
	Dyschirius globosus	insectivoor	Eurytoop	9	219	201	225	3
	Leistus ferrugineus	springstaarten	Eurytoop	8	55	33	3	3

Ronduit spectaculair was dan ook de zeer sterke toename van *Carabus clatratus* in de vangsten, zowel tijdens het droogtejaar als het daaropvolgende jaar, zeker gezien de zeldzame status van deze soort op zowel nationaal als internationaal niveau. Op de Strabrechtse heide is de soort echter zeker niet zeldzaam en is de populatie waarschijnlijk groot en stabiel. Opvallend was dat deze amfibische soort doorgaans sterk aan aquatische en vochtige milieus gebonden is, maar op Strabrechtse heide regelmatig in droge heide aangetroffen werd (gebleken uit eerdere onderzoeken op Strabrecht, pers obs. Vogels). Dit sterkt het vermoeden dat op de Strabrechtse Heide de soort in één grote metapopulatie voorkomt, en vaak migreert tussen vochtige terreindelen, en daar wellicht ook foerageert. Wellicht is de sterke toename een gevolg van het opdrogen van de omringende vennen, waardoor de soort gedwongen werd om buiten haar voorkeursbiotoop op zoek te gaan naar voedsel. Toch was het opvallend dat deze soort zo sterk heeft kunnen toenemen, aangezien de larven net als de adulten hoofdzakelijk onder water jagen. Wellicht hebben de larven en adulten in 2018 een goede

overleving gekend door een overmatig groot aanbod van aas in de vorm van dode aquatische organismen in de drooggevallen vennen.

Jaar- en behandelingseffecten op de samenstelling van de loopkevergemeenschap

De loopkevergemeenschap verschilde bij aanvang en gedurende de loop van het experiment in samenstelling tussen de begraasde en onbegraasde proefvlakken. Dit verschil is grafisch weergegeven in de NMDS analyse, Waarbij alle behandelplots in de begraasde en onbegraasde proefvlakken duidelijk van elkaar gescheiden clusters vormden (Figuur 7.4). De samenstelling van de loopkevergemeenschap vertoonde in de eerste twee jaren nauwelijks een verschuiving in de onbegraasde proefvlakken, maar in de begraasde proefvlakken trad een grotere verschuiving op in het daaropvolgende jaar. In de afgelopen twee onderzoekjaren veranderde de loopkevergemeenschap echter sterk in beide groepen van behandelingen, en deze verschuiving was ook beduidend groter dan de verandering in samenstelling in 2016 voor loopkevers in de begraasde proefvlakken. Deze verandering in samenstelling tussen 2015/2016 en 2018 én tussen 2018 en 2019 is het beste verklaarbaar door het optreden van het droogtejaar in 2018, welke een sterk na-ijl effect heeft voor de loopkevers in het daaropvolgende seizoen. De verschillende behandelingen (Dolokal, Biolit, lavagruis, Soilfeed) hadden geen van allen een duidelijke invloed op de loopkeversamenstelling. Als dit wel het geval geweest was, zouden verschillende behandelingen een consistente afwijkende trend van jaar op jaar moeten vertonen ten opzichte van de controle. De willekeurige wirwar van pijlen in Figuur 7.4 laat zien dat hiervan geen sprake is: zowel controle als de steenmeelbehandelingen volgden min of meer dezelfde richting van verandering over de jaren.



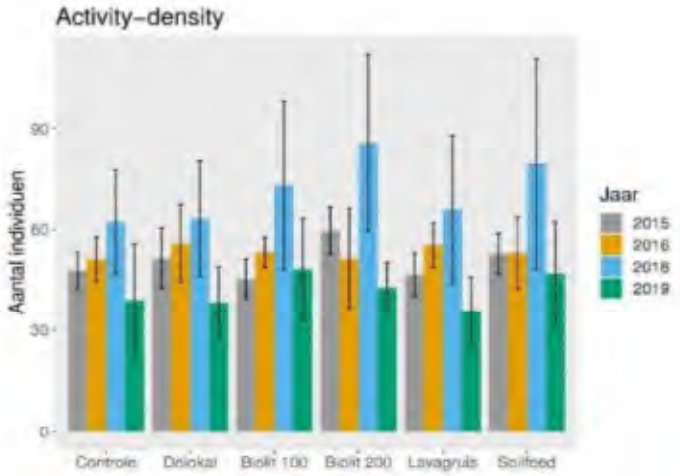
Figuur 7.4. NMDS-biplot van de loopkeversamenstelling van alle monsterpunten (begraasde en onbegraasde proefvlakken) verdeeld over de jaren. Links: clustering van de monsterpunten verdeeld tussen begraasde en onbegraasde proefvlakken, met behandelingen weergegeven als pijlen per jaar afzonderlijk. Blauwe omlijningen: clusters van onbegraasde behandelingen per jaar (oplopend van licht naar donker). Rode omlijningen: clusters van begraasde behandelingen per jaar (oplopend van licht naar donker). Pijltrajecten: jaarlijkse verschuiving in loopkeversamentelling van een monsterpunt, uitgesplitst over de verschillende behandelingen. Rechts: plaatsing van corresponderende soorten weer, een sterke overlap tussen een monsterpunt en een soort geeft aan dat die soort haar zwaartepunt heeft in dat desbetreffende monsterpunt.

Effecten op activity-density en soortenrijkdom

Aantallen in de potvallen bemonsterde loopkevers reflecteren niet zonder meer werkelijke dichtheden in het veld, aangezien de vangkans sterk toeneemt bij een hogere activiteit van een soort, en afneemt bij een toename van de dichtheid van de vegetatie (Topping and Sunderland 1992, Spence and Niemela 1994, Melbourne 1999). Bij een behandeling van de aantallen bemonsterde loopkevers

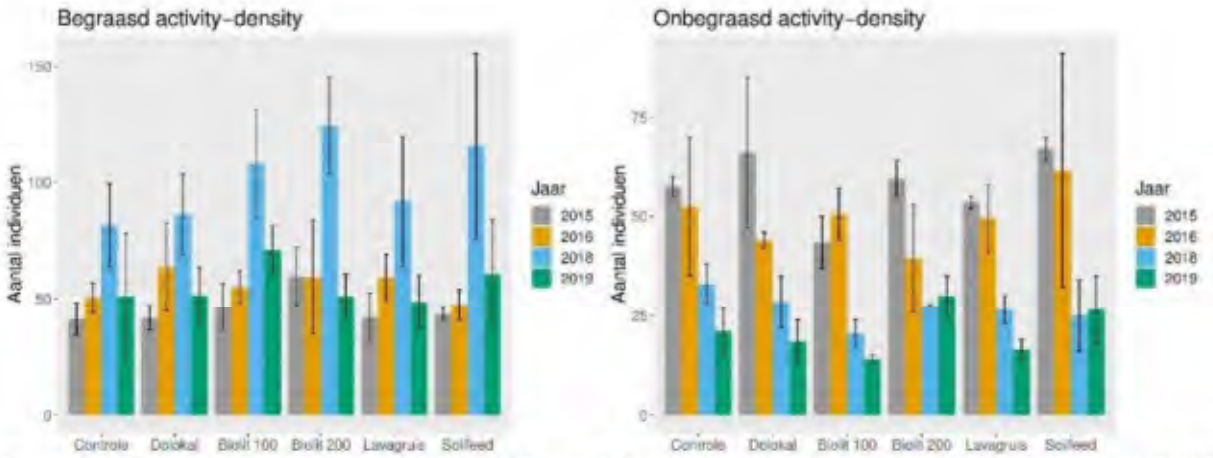
60244 0033

wordt dan ook niet gerefereerd aan een hogere dichtheid van loopkevers, maar een hogere Activity-density, welke gezien kan worden als het product van de dichtheid en van de activiteit.
De gemiddelde activity-density van loopkevers was in het eerste en tweede onderzoeksjaar vergelijkbaar tussen de behandelingen (Figuur 7.5). In 2018 was de gemiddelde activity-density in alle behandelingen hoger dan in de voorgaande jaren, maar vertoonde een sterke spreiding tussen de verschillende proefvlakken. In 2019 was de gemiddelde activity density in alle behandelingen sterk gedaald en doorgaans lager dan in de eerst twee onderzoeksjaren. Geen van de behandelingen hebben geleid tot een significant verschil in activity density ten opzichte van de controle.



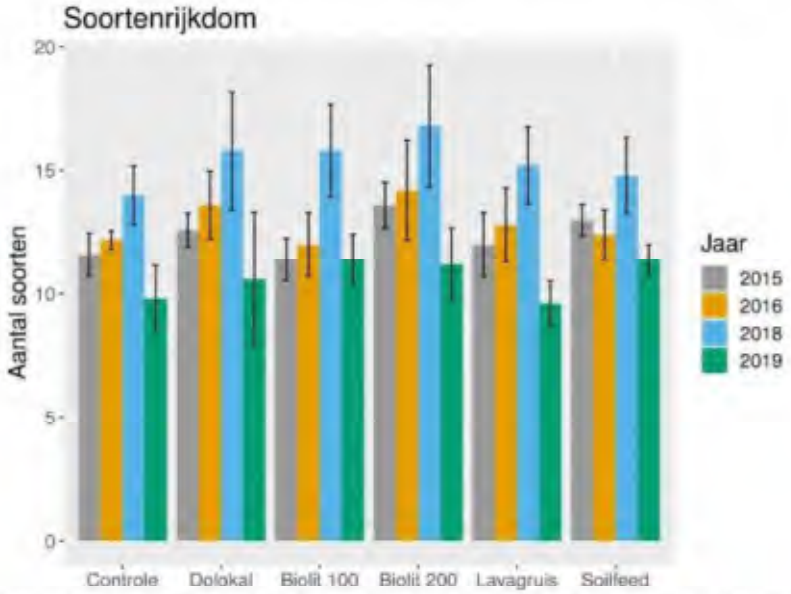
Figuur 7.5. Gemiddelde activity-density (± 1 S.E.) van alle loopkevers in de verschillende behandelingen verdeeld over de bemonsteringsjaren.

Aangezien is gebleken dat de proefvlakken in het begraasde deel na inzet van de behandelingen sterker werden begraasd en er als gevolg ook verschillen in de samenstelling en respons van de loopkevergemeenschap tussen begraasde en onbegraasde proefvlakken optraden zijn de vangsten tevens uitgesplitst over begraasde en onbegraasde proefvlakken (Figuur 7.6). Hieruit bleek duidelijk dat er in de begraasde en onbegraasde proefvlakken een sterk verschil in activity density heeft opgetreden: voorafgaand aan de droogte was deze in de onbegraasde en begraasde proefvlakken gelijk, maar in de recente bemonsteringsjaren tijdens en 1 jaar na de droogte traden hier grote veranderingen in op. In 2018 trad een sterke toename van de totale activity density in de begraasde proefvlakken, en een zeer sterke afname in de onbegraasde proefvlakken op. In 2019 was dit in de begraasde proefvlakken weer terug op het niveau van 2015 en 2016, maar in de onbegraasde proefvlakken daalde de activity-density nog verder tot ca 1/3 van die in 2015/2016. Voor de begraasde proefvlakken is het effect van de verschillende behandelingen getoetst, maar er werden, ondanks de wat hogere activity-density in beide Biolit en de Soilfeed behandelingen, geen significante effecten op activity-density in de begraasde proefvlakken gevonden.



Figuur 7.6. Gemiddelde activity-density (± 1 S.E.) van alle loopkevers in de verschillende behandelingen verdeeld over de bemonsteringsjaren, onderverdeeld over de begraasde (links, n=3) en de onbegraasde (rechts, n=2) proefvlakken. Let op verschillen in schaalverdeling tussen beide figuren.

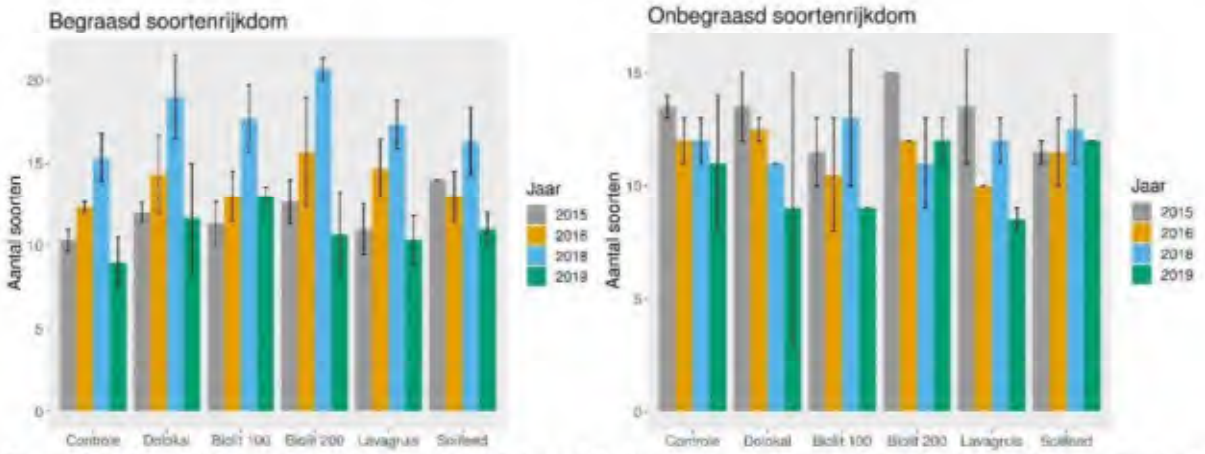
De gemiddelde soortenrijkdom vertoonde eenzelfde respons over de bemonsteringsjaren als voor de activity-density: in 2018 nam deze toe ten opzichte van 2016 en 2017 (niet getoetst), om vervolgens sterk af te nemen 2019, tot beneden het nivo van 2015 en 2016 (Figuur 7.7). Dit terwijl het totaal aantal bemonsterde soorten in 2019 het hoogst was van alle jaren (zie eerder). Dit kan verklaard worden door een hoog aantal soorten dat in dat jaar maar één of twee keer in de vallen is aangetroffen (21 soorten van het totaal). In geen van de bemonsteringsjaren werd een significant effect op het aantal soorten loopkevers in de dolokal- of steenmeelbehandelingen gevonden.



Figuur 7.7. Gemiddelde soortenrijkdom (± 1 S.E.) van alle loopkevers in de verschillende behandelingen verdeeld over de bemonsteringsjaren.

In de begraasde proefvlakken nam de soortenrijkdom in 2016 en 2018 in bijna alle behandelingen toe ten opzichte van 2015, met de meest sterke toename in 2018 (Figuur 7.8). In 2019 daalde deze echter weer tot rond of iets onder het gemiddelde van 2016. In 2018 was de soortenrijkdom in alle steenmeel behandelingen, met name die in de Dolokal en Biolit200 behandeling hoger dan die in de controle van dat jaar, maar dit verschil was niet significant. Ook in 2019 was dit in de verschillende behandelingen wat hoger dan in de controle behandelingen maar eveneens niet significant. In de onbegraasde

proefvlakken nam de soortenrijkdom af in 2019 ten opzichte van 2015 en 2016, maar deze afname verschilde sterk, zowel tussen verschillende en binnen dezelfde behandelingen.



Figuur 7.8. Gemiddelde soortenrijkdom (± 1 S.E.) van alle loopkevers in de verschillende behandelingen verdeeld over de bemonsteringsjaren, onderverdeeld over de begraasde (links, n=3) en de onbegraasde (rechts, n=2) proefvlakken. Let op verschillen in schaalverdeling tussen beide figuren.

Effecten van behandelingen uitgesplitst per trofische groep en habitatvoorkeur

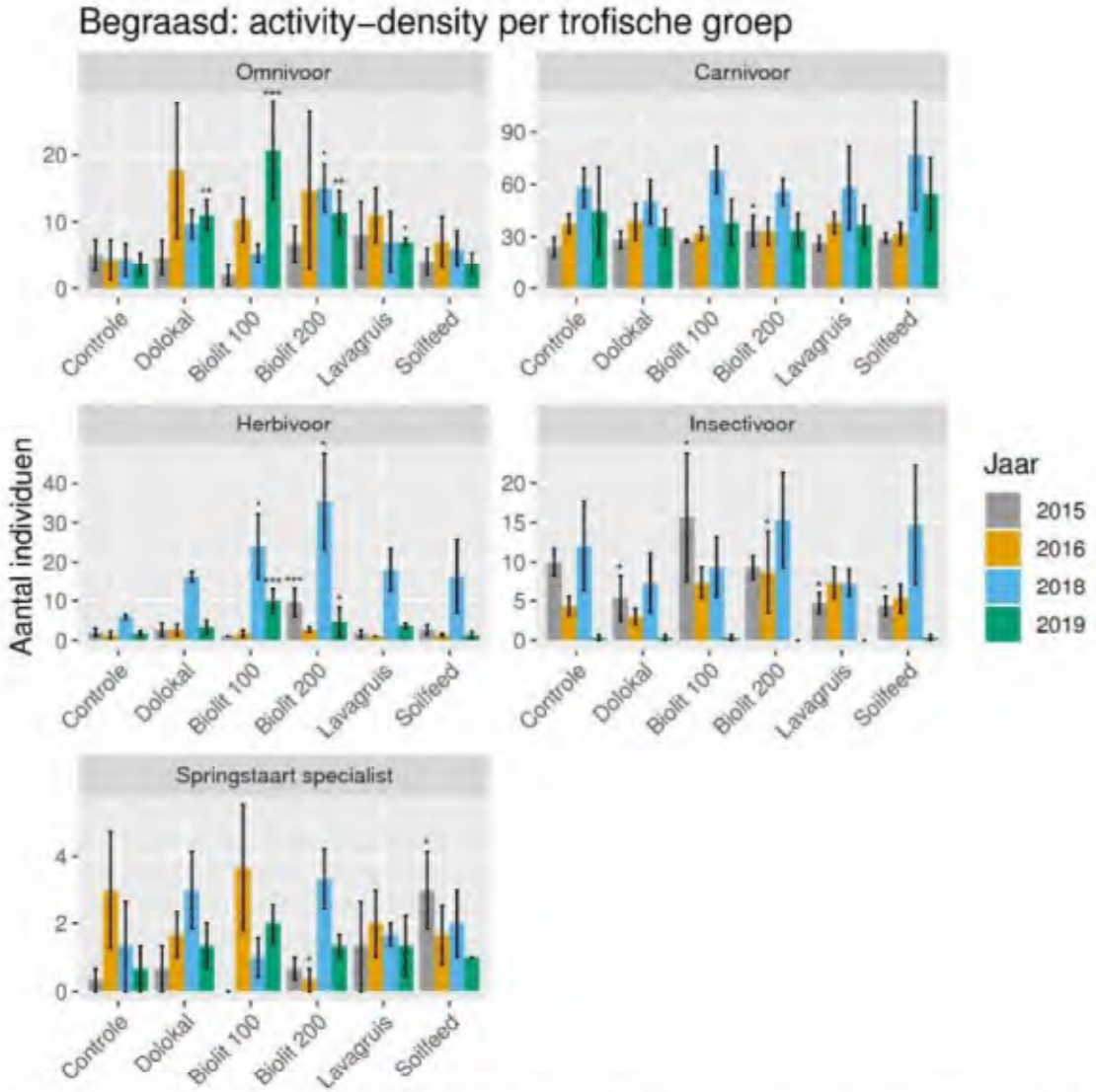
Aangezien er grote verschillen in respons bestonden tussen de begraasde en onbegraasde proefvlakken, en met name in de onbegraasde proefvlakken de droogte heeft geleid tot een sterke algehele afname in activity-density en soortenrijkdom, worden vanaf hier enkel de effecten besproken op de begraasde proefvlakken. In bijlagen 5.1 tot 5.8 zijn de grafieken voor de totale dataset en de onbegraasde proefvlakken opgenomen. Aangezien door het wegvallen van twee proefvlakken de steekproefgrootte is afgenomen tot n=3, is de onzekerheid wat betreft significantie van effecten echter wel groot. In de resultaatbesprekingen worden daarom zowel significante trends ($p<0.1$) als significante effecten ($p<0.05$) besproken.

Trofische groepen

De activity-density van omnivore en herbivore loopkeversoorten (Figuur 7.9) lieten een toename zien in de steenmeelbehandelingen ten opzichte van de controlebehandelingen in 2018 en 2019. Deze verschillen waren significant en/of near significant in de Biolit 100 en 200-behandelingen voor de herbivore loopkevers. Omnivore loopkevers hadden in 2019 een significant hogere activity-density in de Dolokal, Biolit 100, Biolit 200 en een near significant hogere activity-density in de Lavagruis-behandelingen. Soilfeed-behandeling leidde niet tot een significante verandering in activity-density voor ominvore loopkevers. Voor herbivore loopkevers was de activity-sensity in 2015 alleen significant hoger in de Biolit 200 behandeling. In 2018 nam deze in alle steenmeelbehandelingen toe ten opzichte van controle, maar dit was alleen significant voor de Biolit 200 behandeling (maar near-significant voor de Biolit 100 behandeling). In 2019 was de gemiddelde activity-density van herbivore loopkevers significant hoger in de Biolit 100 en 200-behandelingen, in de Lavagruis en Soilfeed-behandelingen was de gemiddelde activity-density in dat jaar verder gedaald tot vergelijkbare waarden zoals gevonden in de controle behandelingen.

Carnivore loopkevers lieten enkel in het eerste onderzoeksjaar een significante toename zien in activity-density in de Biolit 200-behandeling. In de daaropvolgende onderzoeksjaren verschilde de gemiddelde activity-density in geen van de behandelingen significant ten opzichte van de controle. De activity-density van insectivore loopkevers liet een sterk wisselend beeld zien, met een significante daling in 2015 in de Dolokal, Lavagruis en Soilfeed-behandelingen, en een toename in de Biolit 200-behandelingen. In 2016 was echter alleen een significante toename ten opzichte van

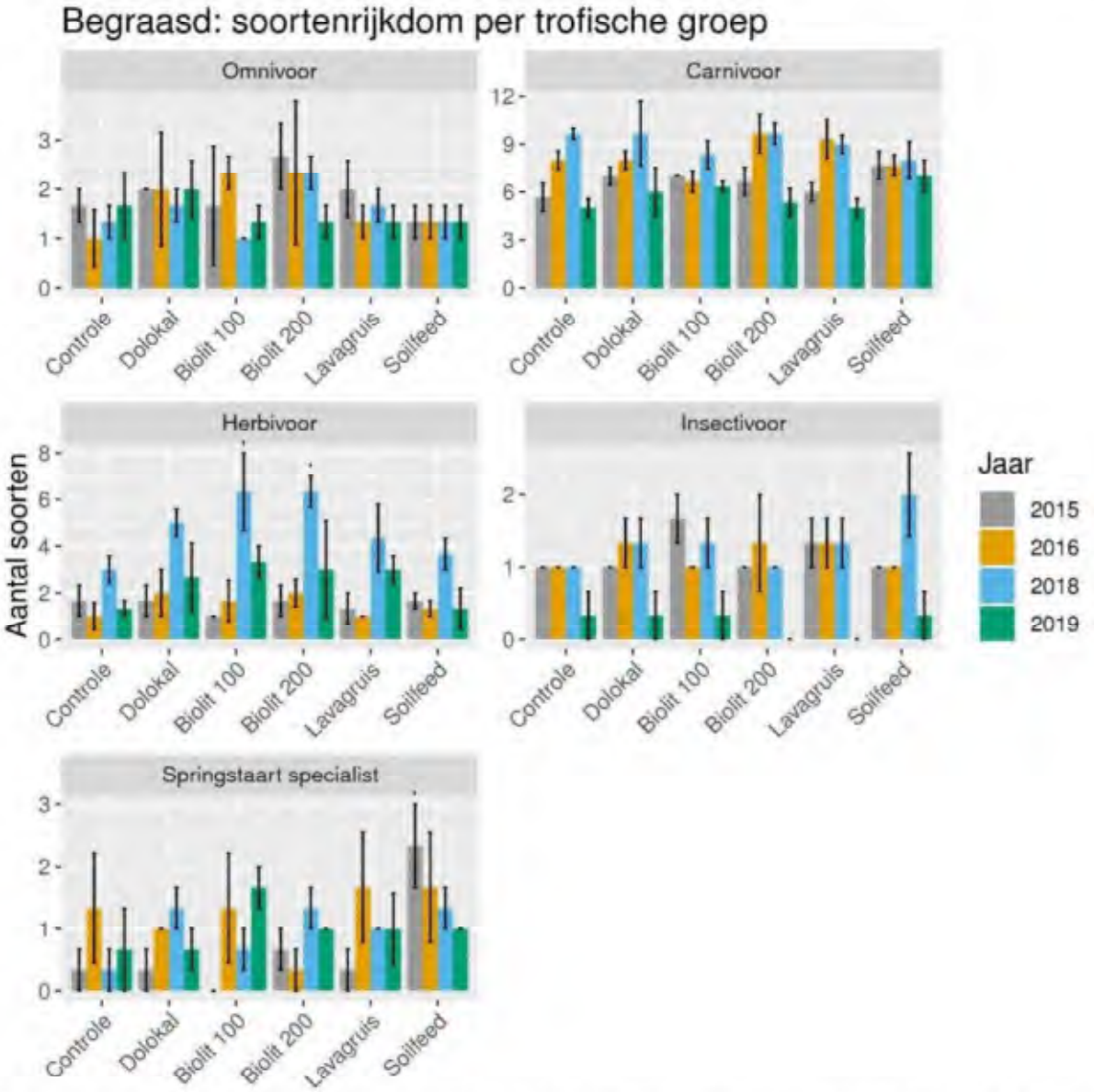
controle in de Biolit 200-behandeling opgetreden. In 2018 werd geen significant effect gevonden, en in 2019 trad een sterke algehele afname in alle behandelingen op. Deze wisselende effecten, alsmede de ineenstorting van deze groep in 2019 is waarschijnlijk het gevolg van het relatief lage aantal soorten (4) dat in deze groep is ingedeeld en in aantallen zeer sterk gedomineerd door *Dyschirius globosus*, de soort die in 2019 het sterkst in aantal was afgenomen. Significante veranderingen in de activity-sensity van springstaart specialisten trad eveneens enkel in de eerste twee bemonsteringsjaren op; met een significante toename in de Soilfeed-behandeling in 2015, en een significante afname in de Biolit 200-behandeling in 2016. Ook voor deze groep geldt dat deze uit relatief weinig (3) soorten bestaat die doorgaans in lage aantallen worden gevangen.



*Figuur 7.9. Gemiddelde jaarlijkse activity-density (± 1 S.E.) van loopkevers verdeeld over trofische groepen in de verschillende behandelingen. Let op verschillen in schaalverdeling tussen de figuren. ***/**/*= Significant verschillend ten opzichte van controle (p< 0.001/0.01/0.05 resp.). '= Significante trend ten opzichte van controle (p<0.1).*

De soortenrijkdom van loopkevers in de begraasde proefvlakken (Figuur 7.10) nam alleen significant toe bij springstaart specialisten in 2015 bij de Soilfeed-behandeling. Dit effect werd echter niet in opeenvolgende jaren opnieuw teruggevonden, en het effect was ook maar klein (het maximaal aantal soorten voor deze groep is 3 soorten), waardoor aan dit weliswaar significante effect weinig waarde toegekend dient te worden. Voor herbivore loopkevers was er een patroon van een stijging in de

soortenrijkdom waarneembaar in alle behalve de Soilfeed-behandelingen in 2018 en 2019, maar deze effecten waren enkel near-significant voor de Biolit 100 en 200-behandelingen in 2018.

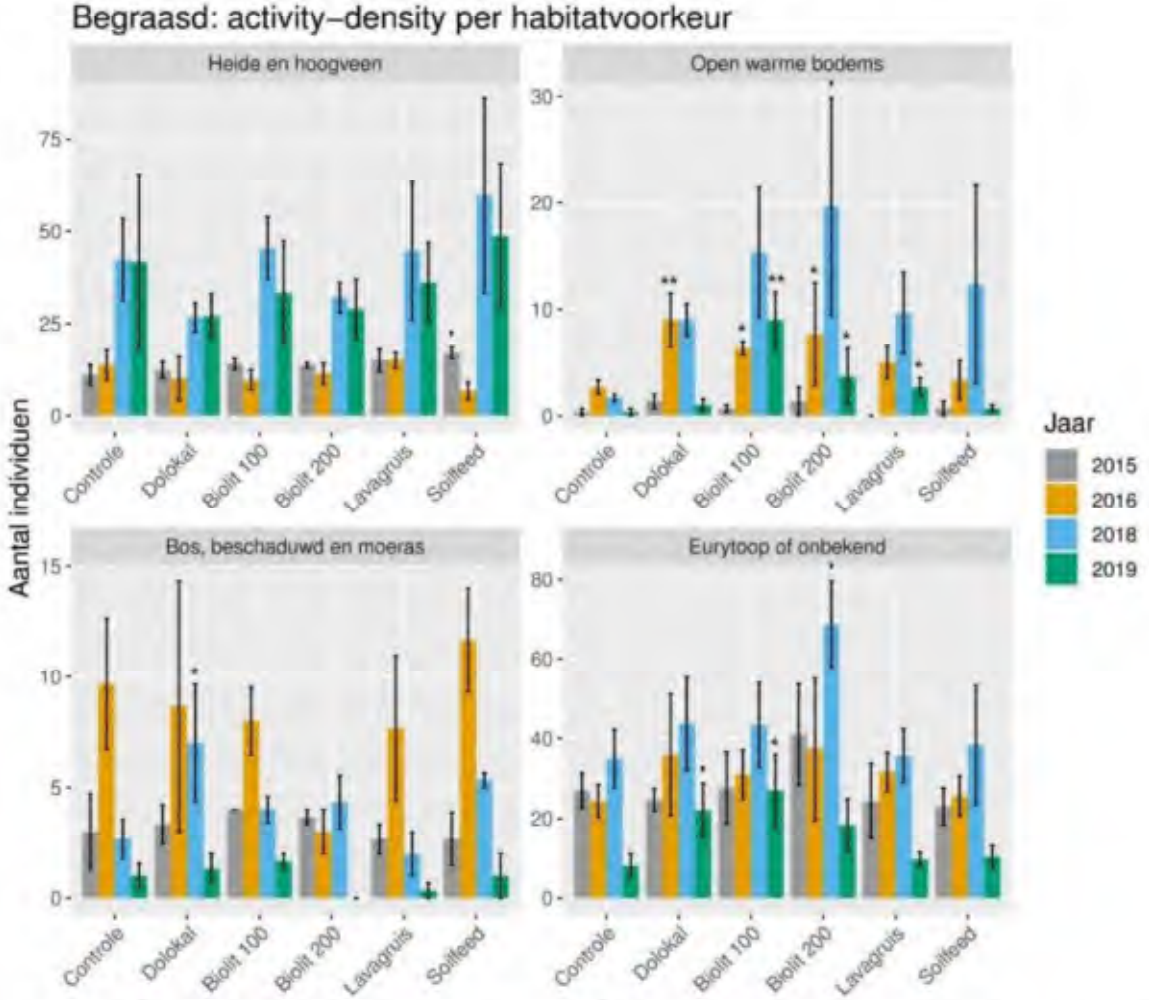


*Figuur 7.10. Gemiddelde jaarlijkse soortenrijkdom (± 1 S.E.) van loopkevers verdeeld over trofische groepen in de verschillende behandelingen. Let op verschillen in schaalverdeling tussen de figuren. ***/**/*= Significant verschillend ten opzichte van controle (p< 0.001/0.01/0.05 resp.). ´= Significante trend ten opzichte van controle (p<0.1).*

Habitatvoorkeur

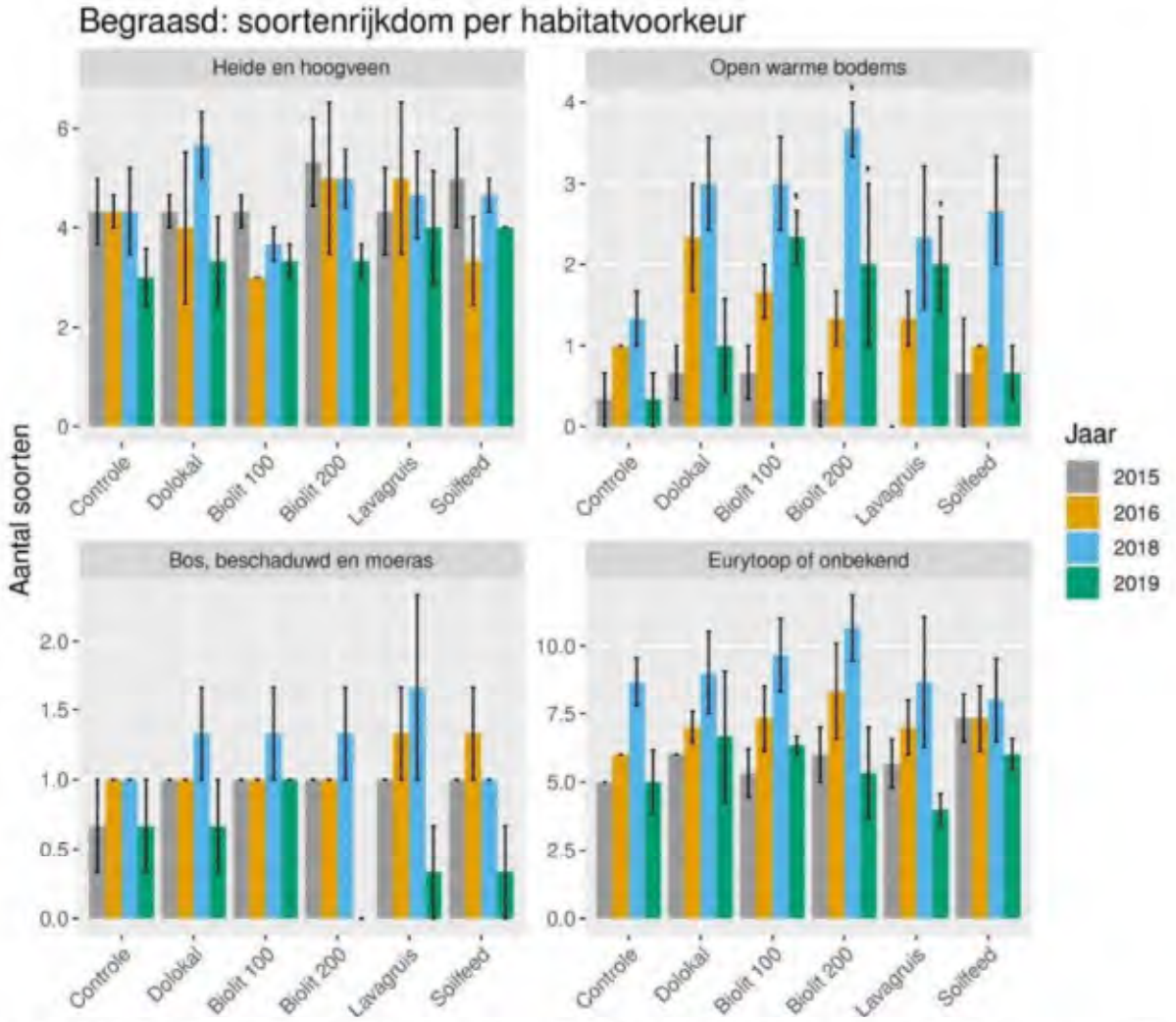
In de bemonsteringsjaren van fase 2 (2018 en 2019) nam de activity-density van soorten karakteristiek voor heide en hoogveen sterk toe ten opzichte van de eerdere bemonsteringsjaren (Figuur 7.11). Dit effect wordt grotendeels veroorzaakt door de eerder in dit hoofdstuk beschreven sterke toename van *Carabus clatratus* in deze onderzoeksperiode. De verschillende steenmeelbehandelingen hebben in geen van de onderzoeksjaren geleid tot een significante verandering van de activity-density van deze karakteristieke groep voor Struikhei gedomineerde vegetaties. Voor soorten van open warme bodems is dit echter wel het geval. Deze groep kan worden gezien als kenmerkend voor zeer open en warme, xerotherme bodems, die doorgaans een hogere activiteit vertonen in zeer open droge heide en stuifzand(heide), maar omvatten ook soorten van extensief bewerkte gronden. De activity-density

van deze soorten was in 2016 significant hoger dan controle in de Dolokal- en Biolit 100 en 200-behandelingen. In 2018 name deze in beide Biolit- behandelingen gemiddeld verder toe, maar de spreiding was in dat jaar erg hoog, waardoor enkel een significante trend bij Biolit 200 kon worden vastgesteld. In het daaropvolgende jaar nam de spreiding in de data weer sterk af en was de activity-density van deze groep van loopkevers significant hoger in de Biolit 100 en 200-behandelingen, én in de Lavagruis behandeling. In dit jaar was de activity-density in de Dolokal-behandelingen opvallend sterk gedaald, terug tot het niveau van 2015. Soorten van beschaduwde terreinen of soorten van vochtige habitats vertoonden een sterke afname in activity-density in 2019, waarschijnlijk als gevolg van de droogte in het voorgaande jaar (Figuur 7.11). In het droogtejaar zelf was de activity-density significant hoger in de Dolokal-behandelingen, dit werd veroorzaakt door een toename in activiteit van *Carabus problematicus*, een soort die weliswaar als karakteristiek voor bossen wordt gerekend, maar meer een warmteminnende bosrand soort is die ook veelvuldig in droge heide en buntgrasvegetaties voorkomt (Turin 2000). Eurytope soorten namen in 2018 near significant toe in de Biolit 200-behandeling ten opzichte van de controle; in 2019 was deze hoger in de Biolit 100-behandeling en near significant in de Dolokal-behandeling. Opgemerkt moet worden dat in dat jaar de activity-density van deze groep een sterke afname liet zien over alle proefvlakken.



*Figuur 7.11. Gemiddelde jaarlijkse activity-density (± 1 S.E.) van loopkevers verdeeld over habitatvoorkeur in de verschillende behandelingen. Let op verschillen in schaalverdeling tussen de figuren. ***/**/*= Significant verschillend ten opzichte van controle (p< 0.001/0.01/0.05 resp.). '= Significante trend ten opzichte van controle (p<0.1).*

De soortenrijkdom van heidekarakteristieke loopkevers veranderde in geen van de onderzoeksjaren significant als gevolg van de experimentele steenmeeltoedieningen (Figuur 7.12). In 2019 nam deze wel over het geheel van de monsterpunten af ten opzichte van de eerder bemonsteringsjaren, en daar het minst in de Lavagruis in de Soilfeed-behandelingen. Dit verschil was echter niet significant ten opzichte van de controle behandelingen. Eurytope soorten lieten eveneens wel schommelingen in soortenrijkdom zien tussen de verschillende onderzoeksjaren (met het hoogste gemiddeld aantal gevangen soorten in 2018), maar dit verschilde niet tussen steenmeelbehandelingen en controle. De gemiddelde soortenrijkdom van soorten van beschaduwde en/of moerassige terreinen was in alle behandelingen en over alle jaren laag. Ook hier werd geen significant behandelingseffect aangetoond. De soortenrijkdom van karakteristieke soorten van open warme bodems nam toe tijdens het droogtejaar, en in dat en het daaropvolgende jaar was deze near-significant hoger in de Biolit 100 en 200-behandelingen en in de Lavagruis-behandeling ten opzichte van de controle. In de Dolokal-behandelingen was een toename waarneembaar ten opzichte van controle in 2016 en 2018, maar dit verschil was niet significant. In 2019 nam de gemiddelde soortenrijkdom hier ook weer sterk af tot een vergelijkbare waarde zoals de controle behandelingen.



*Figuur 7.12. Gemiddelde jaarlijkse soortenrijkdom (± 1 S.E.) van loopkevers verdeeld over habitatvoorkeur in de verschillende behandelingen. Let op verschillen in schaalverdeling tussen de figuren. ***/**/*= Significant verschillend ten opzichte van controle (p< 0.001/0.01/0.05 resp.). '= Significante trend ten opzichte van controle (p<0.1).*

7.6 Conclusies

Algemeen

- De resultaten van de faunabemonsteringen werden in de twee laatste meetjaren sterk beïnvloed door extreme weersomstandigheden. 2018 was een recordjaar wat betreft neerslagtekort, en 2019 kende eveneens sterke weersextremen. Dit heeft duidelijk haar weerslag gehad op de resultaten van de bemonsteringen.
- Voor tweevleugeligen trad een sterke vermindering van de totale dichtheid op ten tijde van het droogtejaar. In het daaropvolgende jaar trad echter een sterk herstel op van de dichtheden.
- Voor loopkevers bleek het effect van het droogtejaar minder eenvoudig. Ten tijde van het droogtejaar nam de activiteit en soortenrijkdom van loopkevers in de door runderen begraasde proefvlakken toe, terwijl deze in de niet door runderen begraasde proefvlakken in dat jaar sterk afnam. In het daaropvolgende zette deze afname in de onbegraasde proefvlakken door, en ook in de begraasde proefvlakken nam de soortenrijkdom en activiteit sterk af. Dit droogte effect bemoeilijkt de interpretatie van de gegevens, maar door de effecten van de behandeling binnen bemonsteringsjaren te vergelijken konden toch nog uitspraken gedaan worden over de invloed van steenmeel op faunagemeenschappen.
- Als meest algemene conclusie kan worden gesteld dat, net als in de eerste twee jaar na toediening van steenmeel er geen consistent negatief effect van steenmeeltoediening (Biolit, noch Lavagruis of Soilfeed) werd gevonden op de onderzochte diergroepen. Echter, in tegenstelling tot de resultaten uit de eerste twee jaren na toediening, werd er in deze onderzoeksfase wel een negatief effect van Dolokal-toediening gevonden op de fauna. Deze zullen in de hier volgende paragrafen verder worden toegelicht.

Tweevleugeligen

- In 2018 werden, naast een significant negatieve trend van Biolit 100 geen duidelijke effecten van de behandelingen op tweevleugeligen gevonden. Dit jaar kenmerkte zich echter door een algemeen lage dichtheid van tweevleugeligen, welke beduidend lager lagen in het daaropvolgende jaar. Ook in vergelijking tot eerder uitgevoerde bemonsteringen in het steenmeel experiment in het Nationale Park de Hoge Veluwe (Weijters et al. 2018) was de dichtheid van tweevleugeligen in dat jaar erg laag. Deze afname als gevolg van de droogte kan ertoe geleid hebben dat effecten van de experimentele behandelingen in dit jaar niet goed meetbaar waren.
- In het vijfde onderzoeksjaar trad echter een sterk herstel op van (in ieder geval een deel van) tweevleugeligen. Met name detritivoren namen in dit jaar sterk toe in dichtheden, tot boven die gemeten in de proeven in het Nationale Park de Hoge Veluwe.
- De dichtheden van herbivore Diptera namen in het vijfde effectjaar weliswaar toe, maar bleven in vergelijking tot de eerdergenoemde proef ook in dat jaar sterk achter. Mogelijk speelt het massaal afsterven van een groot deel van de vegetatie hierin een belangrijke rol.
- Waar in het Nationale Park de Hoge Veluwe alleen significante behandelingseffecten werden gevonden in (geplagde) natte heide en niet in droge heide, werd in de (droge heide) proef op Strabrechtse heide wel een significant effect van de behandelingen gevonden op tweevleugeligen. Bovendien ligt dit effect in lijn met die in de Hoge Veluwe proef, namelijk een afname van detritivoren in de Dolokal behandelingen (Weijters et al. 2018). Deze afname werd echter niet gevonden in een proef in natte heide (Wallis de Vries et al. 2018). Mogelijk spelen verschillen in dosering (4 ton vs 2 ton/ha) een rol in de verschillende uitkomst.
- De afname van detritivoren wordt gezocht in een negatief effect van een te hoge Dolokal dosering op bodemchemische en/of microbiële processen. Bij een hoge kalkgift gift kan als gevolg van de snel stijgende pH veel PO4 neerslaan met voorheen opgelost aluminium en ijzer

(Haynes 1982), waardoor het niet meer beschikbaar is voor (micro)organismen. Met name op de van nature al zeer arme bodems op Strabrechtse Heide kan een versterkte P-vastlegging al snel beperkend zijn voor de groeisnelheid van schimmels en bacteriën in de bodem, waardoor de hoeveelheid voedsel voor detritivoren in de bodem afneemt. Een afname van biologisch beschikbaar P kan vervolgens leiden tot een verlaagde schimmelgroei en bijgevolg verminderd voedselaanbod voor detritivoren. Veel detritivore soorten leven van schimmels en bacteriën die zij door het consumeren van strooisel tot zich nemen. Een andere mogelijke verklaring is dat de microbiële activiteit (schimmels en bacteriën) is afgenomen door een sterke verandering in bodem-pH. Urbasek and Chalupsky (1992) vonden in een bekalkingsexperiment (1.5 en 4 ton/ha) een negatief effect van beide bekalkingsbehandelingen op de grootte van potwormen (Enchytraeidae), en concludeerden dat de bekalking had geleid tot het afsterven van de acidofiele microflora door te snelle stijging van de bodem-pH, wat de belangrijkste voedselbron was voor deze detritivore groep.

- In tegenstelling tot in het Nationale Park de Hoge Veluwe werd geen significante toename van herbivore Diptera gevonden, al was er in 2019 wel een trend waarneembaar tot een hogere dichtheid in één van de Biolit (200) behandelingen (in het park Hoge Veluwe was de dichtheid tevens in de Biolit-behandelingen significant verhoogd). Zoals eerder aangegeven was de dichtheid van deze groep voor beide jaren doorgaans laag. Het verdient aanbeveling om in de toekomst tijdens minder extreme weersomstandigheden nader te onderzoeken of Biolit ook in de Strabrecht proef leidt tot een verhoging van herbivore dichtheden (door een verbetering van de plantkwaliteit via verlaging van de N:P ratio; Weijters et al. 2018).
- Lavagruis en Soilfeed had in deze proeven geen meetbaar effect op de dichtheid van tweevleugeligen in het algemeen, noch uitgesplitst over trofische groep.

Loopkevers

- De droogte van 2018 had verreweg de grootste invloed op de loopkevergemeenschap in de experimenten. De totale samenstelling verschoof het sterkst na deze droogteperiode en kende bovendien een sterk na-ijl effect in het daaropvolgende jaar. Dit is zeer waarschijnlijk het gevolg van een sterk afgenomen overleving van de larven van veel loopkevers in het droogtejaar, aangezien veel van deze soorten hun larvale stadium in het voorjaar en/of de zomerperiode doorbrengen.
- Grote verrassing was de spectaculaire toename van de zeer zeldzame heidekarakteristieke soort *Carabus clatratus* in deze bemonsteringjaren. Intuïtief is dit een zeer vreemd effect, aangezien zowel adulten als larven van deze soort bekend staan om hun aquatisch jagende levenswijze. Of deze toename van individuen daadwerkelijk een toename van de populatieomvang reflecteert is daarom maar de vraag. Mogelijk hebben bovenmatig veel individuen in deze twee jaren de vennen verlaten om op zoek te gaan naar alternatieve jaaglocaties. Een inventarisatie van de dichtheden tijdens een eerstvolgende, minder extreem voorjaars en zomerseizoen kan hier uitsluitsel over geven. Dat de droogte voor veel lookeversoorten heeft geleid tot ineenstorting van de populaties werd eveneens duidelijk uit de zeer sterke neergang van voorheen dominant voorkomende soorten.
- Door het grote verschil in loopkever gemeenschap en respons tussen de begraasde en onbegraasde proefvlakken kon enkel een analyse gemaakt worden van de behandelingseffecten van de begraasde proefvlakken, wat als gevolg heeft dat de steekproefgrootte met twee replica's afnam. In deze dataset werden er gedurende de bemonsteringjaren er voor verschillende steenmeel en/of Dolokal typen significante behandelingseffecten gevonden. Deze effecten traden echter vaak alleen op in de eerste twee onderzoeksjaren en niet in de daaropvolgende jaren, of de effecten in de laatste twee jaren waren inconsistent of niet alle jaren hetzelfde van richting. Vaak traden deze effecten op groepen die gedomineerd werden door 1 soort met relatief weinig soorten binnen deze groep (bijvoorbeeld voor insectivoren en/of springstaart specialisten). Deze effecten zijn

60244 0033

weliswaar significant, maar zeer gevoelig voor toevallige grote verschuivingen binnen die ene dominante soort. We beschouwen daarom enkel de meest consistente verschuivingen (met andere woorden: door de jaren heen een gelijk effect vertonend) als 'direct' door de steenmeel en/of Dolokal additie veroorzaakte, langdurige effecten op de loopkevergemeenschap.

- De effecten van de steenmeeltoediening werden in de 1e fase van dit onderzoek toegeschreven aan indirecte effecten als gevolg van selectieve begrazing door runderen op de vegetatie (Weijters et al. 2018). Dit heeft ertoe geleid dat in de begraasde proefvlakken de proefvlakken die met Dolokal en Biolit werden behandeld veel sterker werden begraasd en betreden in de laatste jaren. Als gevolg werd de vegetatie van een voorheen gesloten struikhei bedekking steeds meer gedomineerd door laagblijvende grassen, open bodem en kruiden (Weijters et al. 2018; deze rapportage). Gedurende de huidige onderzoeksperiode werd dit effect in versterkte mate gevonden. Soorten karakteristiek voor open, warme bodems namen in de begraasde proefvlakken toe in activiteit in de Dolokal (2016/2018) en beide Biolit behandelingen, en in het laatste onderzoekjaar ook in de Lavagruis behandelingen.
- Een aantal van deze soorten heeft als adult een herbivore levenswijze (zij leven van graszaden), en ook deze soorten lieten een significant hogere activiteit zien in deze behandelingen.
- De soortenrijkdom van deze groepen nam eveneens toe in deze behandelingen, maar hier waren de verschillen tussen controle enkel near significant, waardoor er minder sterke uitspraken gedaan kunnen worden over het effect op de soortenrijkdom van deze groep.
- Tenslotte moet opgemerkt worden dat van alle steenmelen, Soilfeed in geen enkel geval heeft geleid tot een significante verandering (toename noch afname) in de loopkeversamenstelling als geheel.
- Geconcludeerd kan worden dat voor loopkevers de effecten van de experimentele steenmeeltoediening enkel indirect van aard zijn: door een toename van de graas en betredingsdruk verandert de vegetatiestructuur en bedekking door grassen versus struikhei waardoor soorten karakteristiek voor dit habitattype hier meer gebruik van gaan maken.

8 Synthese en Conclusies

In dit vijfjarig onderzoek is getracht antwoord te krijgen op de vraag welk steenmeel geschikt is om gedegradeerde verzuurde droge heidesystemen in de Provincie Noord-Brabant te herstellen en of dit steenmeel geschikt om in de praktijk grootschalig te gaan uittesten. Het lange termijndoel van deze maatregel is het duurzaam herstellen van het aangetaste heide-ecosysteem zodat kenmerkende flora en fauna zich kunnen handhaven en uitbreiden. Uitgangspunt is dat het bodemadsorptiecomplex opgeladen wordt met basische kationen zonder een te snelle toename van de pH. De beschikbare concentraties Ca, K en Mg in de bodem worden idealiter zo veel mogelijk verhoogd naar de oorspronkelijke situatie, waarbij de beschikbare Al-concentratie juist sterf afneemt. Er dient ook geen toename van de N-beschikbaarheid in de bodem op te treden, idealiter treedt een afname van de NH_4-beschikbaarheid op en mag er geen kans zijn op het verruigen van de vegetatie. Door het toedienen van sporenelementen via het steenmeel, en/of het minimaliseren van zeer grote toename van enkele kationen (Ca, Mg) wordt voorkomen dat bepaalde belangrijke elementen in beschikbaarheid afnemen (zoals mangaan, fosfaat en/of kalium). Dit kan onder andere door fysisch chemische verdringingseffecten, onbalans in de verhouding tussen elementen of via opnamecompetitie via wortels. Ook moet de toediening van steenmeel er niet toe leiden dat de concentraties van zware metalen worden verhoogd. Al deze bodemchemische randvoorwaarden moeten bovendien plaatsvinden zonder dat er al te drastische verschuivingen in strooiselafbraakprocessen optreden en zonder dat er kenmerkende heidesoorten last ondervinden of verloren gaan (vegetatie, paddenstoelen en fauna).

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is sinds najaar 2014 onderzoek verricht naar de effecten van steenmeeltoediening (Biolit, Lavagruis en Soilfeed), en Dolokal op de bodemchemie, plantchemie, vegetatiesamenstelling, paddenstoelen en fauna in droge ongeplagde heide. De behandelingen werden éénmalig opgebracht op de bestaande zode en vegetatie, en niet ingewerkt. In dit experiment waren drie series van proefvlakken van 10 bij 10 m in een voor Schotse hooglanders toegankelijk terreingedeelte gelegen, terwijl de overige twee series van proefvlakken buiten deze begrazingszone lagen. Dit verschil in beheer was ook terug te zien in de bodemchemie, plantchemie, vegetatiesamenstelling, paddenstoelen en (hier onderzochte) fauna.
Welke methode na vijf effectjaren het beste resultaat heeft opleverd, wordt in de volgende alinea's bediscussieerd. Een overzicht van de significante effecten van de verschillende steenmeelsoorten en Dolokal op bovengenoemde factoren, is weergegeven in Tabel 8.1.

Begrazing en droogte
Mogelijke effecten van steenmeeltoediening werden (sterk) beïnvloed door begrazing en/of de extreme droogte van 2018 en deels 2019. De vegetatie werd meer afgegraasd, er waren duidelijke sporen van vertrapping te zien en verspreid over de proefvlakken werden veel uitwerpselen gevonden. In de bodemchemie leidde de begrazing waarschijnlijk tot grotere variatie in NH_4-concentraties (met name in 2016) en toename van de NH_4-concentraties in 2016 in alle behandelingen. Daarnaast werd een geleidelijke toename van de niet-gebonden P-concentratie in alle behandelingen gemeten. Door begrazing nam de bedekking van Struikhei in alle proefvlakken sterk af (in vijf jaar van bijna 90% naar 25% in de controle). In de behandeling met Biolit en Dolokal was de heidebedekking in 2017 significant lager dan in de controle (en in 2019 wederom lager dan in de controle, echter niet significant) wat doet vermoeden dat de Schotse hooglanders een voorkeur leken te hebben voor deze proefvlakken. Verder namen de structuurverschillen in de vegetatie toe door begrazing en bood de toename van de hoeveelheid open bodem meer kiemingsmogelijkheden. Hierdoor maakten soorten loopkevers karakteristiek voor dit habitattype hier meer gebruik van en leidde dit in combinatie met Biolit en Dolokal tot een toename van de herbivoren (door toename van laagblijvende grassen en kruiden). De begrazing was ook terug te zien in de soortensamenstelling van paddenstoelen, in de begraasde proefvlakken werden meer mestpaddenstoelen aangetroffen en in combinatie met steenmeel of

Dolokal leidde dit tot soorten die bij voorkeur in matig voedselrijk, droog grasland groeien. Naast begrazing heeft ook de droogte van 2018 een sterk effect gehad op de heidevegetatie. In de onbegraasde proefvlakken nam de heidebedekking af tot 60-80% in 2019 ten opzichte van 95% in 2017. In de begraasde proefvlakken heeft de droogte een versterkend effect gehad op de afname van de heidebedekking door begrazing. In de bodemchemie heeft de droogte van 2018 met name invloed gehad op de nitraatconcentraties en beschikbare kaliumconcentraties in de bodem (Bobbink et al., 2019). In 2019 waren de concentraties van de controle echter weer vergelijkbaar met voor de droogte (2017). Ook de fauna werd sterk beïnvloed door de droogte van 2018; voor tweevleugeligen trad een sterke vermindering op van de totale dichtheid. Voor loopkevers nam de activiteit en soortenrijkdom in 2018 in de begraasde proefvlakken toe, terwijl deze in de onbegraasde proefvlakken sterk afnam. In 2019 zette deze afname in de onbegraasde proefvlakken door, en ook in de begraasde proefvlakken nam de soortenrijkdom en activiteit sterk af. Dit betekent dat een deel van de effecten van steenmeeltoediening indirect van aard zijn, of versterkt optreden in interactie met begrazing en/of droogte.

Figuur 8.1. Voorbeeld van een Biolit200 behandeld proefvlak met hogere bedekking van grasachtigen (o.a. veel Aira) in 2019. Foto: 5.1.2e .

Tabel 8.1 Overzicht van de significante effecten van de verschillende steenmeeltypen en dolokal op de bodemchemie, plantchemie, vegetatie- en paddenstoelensamenstelling en fauna.

	Lavagruis *15 ton/ha*	Soilfeed *10 ton/ha*	Biolit100 *10 ton/ha*	Biolit200 *10 ton/ha*	Dolokal (15% Mg) *4 ton/ha*
Bodemchemie					
pH_{NaCl}	.	.	+	+	+
Basenverzadiging in bodem	.	.	+	+	+
Basische kationen in bodem	+(K)	+(Ca,Mg,K)	+(Ca, Mg) -(K)	+(Ca. Mg) -(K)	+(Ca&Mg)
Al/Ca-ratio in bodem	.	.	-	-	-
N-beschikbaarheid in bodem	.	.	-(NO3)	-(NO3)	.
P-beschikbaarheid in bodem	.	.	+	+	-
Sporenelementen in bodem	.	.	-(Zn)	.	-(Mn, Zn)
Plantchemie					
Basische kationen in heide	.	+(K)	+(Mg)	+(Mg) -(K)	+(Mg) -(K)
Basische kationen in gras	+(Ca)	+(Ca)	+(Ca)	+(Ca&Mg)	+(Ca&Mg)
N/P-ratio in plant	.	-(hei)	-(hei)	-(hei)	-(hei)
Sporenelementen in plant	-(Mn)	+(Al) gras & -(Mn)	+(Al,Fe) gras & -(Mn)	-(Mn)	-(Mn, Zn, Fe) & -(Al) hei
Ontwikkeling vegetatie					
Dominantie heide	.	.	.	.	.
Dominantie grassen	.	.	+	+	+
Soorten van meer gebufferd milieu	+	.	+	+	.
Soorten vaatplanten	+	.	+	.	+
Ontwikkeling paddenstoelen					
Zuurminnende soorten	-	-	-	-	-
Strooiselafbrekers	+	+	+	+	+
Loopkevers					
Activiteitsdichtheid: Herbivoor	.	.	+	+	.
Activiteitsdichtheid: Omnivoor	.	.	+	+	+
Soortenrijkdom herbivoren	.	.	+	+	.
Soortenrijkdom omnivoren	.	.	.	.	.
Activiteitsdichtheid: open warme bodems	+	.	+	+	.
Activiteitsdichtheid: heide en hoogveen	.	.	.	.	.
Activiteitsdichtheid: Eurytope soorten	.	.	+	.	+
Soortenrijkdom: open warme bodems	+	.	+	+	.
Soortenrijkdom: heide en hoogveen	.	.	.	.	.
Soortenrijkdom: Eurytope soorten	.	.	.	.	.
Tweevleugeligen					
Detritivoren	.	.	.	.	-
Herbivoren	.	.	.	+	.

x = niet gemeten
. = geen verschil
+ = toename
- = afname

	gewenst effect (significant)
	gewenst effect (trend)
	gewenst effect, dosis te hoog
	ongewenst effect (significant)
	ongewenst effect (trend)
	significant verschil of trend, onderzoek nodig voor bepaling ecologisch effecten

Welk steenmeel is geschikt om gedegradeerde verzuurde droge heidesystemen langdurig te herstellen? En is dit steenmeel geschikt om in de praktijk grootschalig te gaan uittesten?

Het steenmeel Biolit (met name de Biolit100-maling) zorgde voor een gewenste toename van de basenverzadiging, pH_{NaCl} en (voor planten beschikbare) basische kationen, leverde geen kalium, leidde tot een geringe afname van Mn in de plant en kan daardoor op termijn mogelijk voor een onbalans in de bodem- en vegetatiechemie zorgen. Het aandeel laagproductieve grassoorten nam toe evenals enkele soorten van meer gebufferde milieus en de respons van de loopkevers en tweevleugeligen was positief in de met Biolit behandelde proefvlakken. De kaliumrijkere steenmelen Lavagruis en Soilfeed leveren kalium (50% meer dan in de controle) maar zorgden na vijf jaar nog niet tot een toename van de basenverzadiging of pH_{NaCl}. Tevens zorgde Lavagruis en Soilfeed voor een afname van Mn in de planten, wat op termijn voor een mogelijke onbalans in de vegetatiechemie kan zorgen. In de met Lavagruis behandelde proefvlakken nam het aandeel soorten van gebufferde milieus toe en was de respons op loopkevers positief. In de met Soilfeed behandelde proefvlakken werden geen effecten op de vegetatiesamenstelling of fauna gemeten. Met de toediening van 4 ton Dolokal/ha werd de bodembuffering snel verhoogd (stijging van 0,8 pH-eenheden en verviervoudiging van de basenverzadiging binnen één jaar na toediening), maar werd geen kalium aangevuld en trad onbalans in kationen in de vegetatie op. Het aandeel laagproductieve grassoorten nam toe evenals enkele soorten van meer gebufferde milieus, maar de respons van tweevleugeligen was negatief. Er kan op basis van 5 jaar onderzoek geconcludeerd worden dat géén van de onderzochte steenmelen binnen de onderzochte periode als ideale kandidaat uit het onderzoek naar voren is gekomen en dus geen enkel steenmeel een perfecte oplossing biedt tegen de negatieve gevolgen van bodemverzuring.

Voor het bodemchemisch herstel van soortenrijke droge heide wordt qua bodembuffering gestreefd naar een basenverzadiging van minimaal 30% en een pH_{NaCl} hoger dan 3,5 (GRIP database Onderzoekcentrum B-ware). Met het toedienen van steenmeel wordt getracht de bodem langzaam te herstellen. De toediening van Lavagruis en Soilfeed resulteerde niet in herstel van de bodemchemie in een termijn van vijf jaar. Binnen een termijn van vijf jaar nam de beschikbare K-concentratie wel met 50% ten opzichte van de controle. Met de toediening van Biolit steeg de pH_{NaCl} tot 3,1-3,2 maar bleef deze aan de lage kant. De basenverzadiging steeg naar 37% met Biolit100 en naar 27% met Biolit200 (bijna een verdubbeling ten opzichte van de controle), waarmee het streefpercentage binnen vijf jaar behaald werd. Met de toediening van 4 ton Dolokal/ha stegen de basenverzadiging en pH_{NaCl} tot waarden die vallen binnen de ranges voor heischraal graslandontwikkeling (GRIP database Onderzoekcentrum B-ware), met na vijf groeiseizoenen een pH_{NaCl} van 4,0 en een basenverzadiging van 69%. Met een Dolokal-dosering van 4 ton wordt de bodembuffering effectief hersteld, maar raakt de bodem in dit experiment te sterk gebufferd voor het hier gestelde doel: herstel van soortenrijke droge heide. Een wat lagere dosering van 2 ton Dolokal per ha is beter geschikt voor herstel van droge heide, maar bij die dosering kan na plaggen van vergraste heide de hier gevonden negatieve effecten op bodem- en plantchemie eveneens optreden (Vogels et al., 2016).

Na vijf groeiseizoenen werden er geen negatieve effecten van steenmeeltoediening gemeten op de vegetatiesamenstelling en fauna. Er werd na vijf jaar ook geen duidelijk herstel van de vegetatiesamenstelling waargenomen, al namen soorten van wat meer gebufferde standplaatsen wel licht toe in de Biolit en Lavagruis-behandelingen. Waarschijnlijk speelt er ook een vestiging- en dispersie-probleem, veel kenmerkende kruiden (zoals Stekelbrem) hebben een kortlevende zaadvoorraad en zijn waarschijnlijk niet meer in de zaadbank aanwezig. Voor volledig herstel van de vegetatie zou overwogen kunnen worden om soorten uit de omgeving actief in te brengen.
De toename van een specifieke groep van loopkevers in de Biolit- en Dolokal-behandelingen kan zowel als een positieve, maar ook als negatieve ontwikkeling beschouwd worden. Wanneer onder invloed van grootschalige steenmeel (of dolokal-) toediening de vegetatie als geheel om zou slaan naar een open xerotherme grasheide, zoals in het experiment het geval was bij begrazing met Schotse

60244 0033

hooglanders, is deze ontwikkeling uiteraard niet zonder meer als positief te beoordelen. Verwacht mag worden dat dit op grotere schaal echter niet zal optreden, aangezien een deel van de effecten het gevolg waren van begrazing (de in het gebied aanwezige grote grazers werden in hoge mate aangetrokken naar de kleine experimentele proefvlakken). Wellicht is het voor toekomstig beheer wel mogelijk door te sturen in de begrazingsgraad een open, meer soortenrijke grasheide te creëren. Duidelijk is in ieder geval dat in dit experiment de begrazing alléén niet zonder meer het gewenste resultaat oplevert; namelijk een toename van soorten die karakteristiek zijn voor open, warme condities. Soorten en/of activiteiten van loopkevers karakteristiek voor deze situaties namen alléén significant toe als de experimentele behandeling had geleid tot een toename van laagblijvende grassen en kruiden. Dit effect heeft uiteraard verband met de vaker voorkomende omnivore en herbivore leefwijzen van deze groep van loopkevers. Mogelijk speelt ook een iets hogere graad van bedekking in deze plots een aanvullende rol. Een toename van bodembuffering heeft hier dus een aanvullend positief effect op, en daarmee is dit waargenomen effect van de steenmeeltoediening (met name Biolit) op fauna dus zeker als positief te beoordelen.

De toediening van het steenmeel Lavagruis en Soilfeed heeft geen duidelijk verlagend effect op de anorganisch stikstofconcentraties in de bodem. Met de toediening van Biolit nam de N-beschikbaarheid in de bodem significant af. Ook in Struikhei nam de N/P-ratio af met toediening van Biolit en Soilfeed. Er werden geen aanwijzingen voor een versnelde mineralisatie of nitrificatie gemeten in de bodemchemie, maar de toename van strooisel-afbrekende trechter- en schijnridderzwammen (met name in de Dolokal en Biolit-behandelingen) wijzen mogelijk toch op een stimulering van de strooiselafbraak. Het achterwege blijven van een toename van anorganisch N in de bodem is mogelijk te verklaren door een toename van de N-immobilisatie door deze schimmels (en mogelijk ook bacteriën). Ook de toename van laagblijvende grassen en kruiden in deze behandelingen wijst op een wat hogere afbraak en hogere N-turnover in het systeem. Enige versnelling van N-omzetting en turnover is op zich geen probleem en kan juist leiden tot het bereiken van lagere anorganisch N gehalten in de bodem, mits aangevuld met gericht nutriënten-afvoerend beheer. Het is mogelijk om de ammoniumconcentraties in de bodem verder te verminderen, bijvoorbeeld door te branden in de winter in combinatie met drukbegrazing (Vogels et al., 2017) of via maaien en afvoeren. Beide maatregelen verminderen N via het verwijderen van bovengrondse biomassa, maar stimuleren mogelijk ook de mate van uitspoeling van nitraat uit het systeem en de opname van anorganisch N door micro-organismen. Ook extreme droogteperioden zoals in 2018 kunnen de vorming van nitraat en daarmee de uitspoeling uit het systeem versnellen (Bobbink et al. 2019). Aanvullend onderzoek is echter nodig om deze processen en maatregelcombinatie goed te kunnen begrijpen. Om deze verlaging van N-concentratie duurzaam in stand te kunnen houden is echter wel vereist dat de toevoer van N via atmosferische depositie fors teruggebracht wordt, minimaal tot beneden de kritische depositie waarde.

Vijf jaar na toediening van steenmeel werden de effecten van de steenmeelbehandelingen duidelijker zichtbaar op de vegetatiesamenstelling, paddenstoelen en fauna. Dit betekent dat de effecten van de steenmeelbehandelingen op het systeem nog niet gestabiliseerd zijn. Met name voor paddenstoelen is het nog te vroeg om te kunnen concluderen dat bepaalde soorten aan bepaalde typen steenmeel gebonden zijn en is langer termijn onderzoek nodig. Ook werken de onderzochte steenmelen niet allemaal even snel. Met name Lavagruis is een veel grover steenmeel dan de andere opgebrachte steenmelen waardoor de verwering en daarmee de effecten op bodem- en plantchemie waarschijnlijk ook langzamer gaat. De eerste resultaten van Lavagruis-toediening werden pas duidelijk zichtbaar in het vijfde effectjaar. Van het steenmeel Biolit werden twee malingen toegediend, namelijk 100 en 200 µm. Na vijf effectjaren werden er wat meer significante effecten op de bodemchemie gemeten van de fijnere maling van Biolit100 dan de wat grovere maling van Biolit200. Met name de bezetting van Ca- en Mg- aan het bodemcomplex was hoger met Biolit100 dan 200, dit lijkt te wijzen op een wat snellere verweringssnelheid van het fijner gemalen Biolit100. Van

60244 0033

beiden malingen van het steenmeel Biolit werden in het tweede meetjaar al effecten zichtbaar op de bodem- en plantchemie. Ook van het steenmeel Soilfeed werden de eerste effecten op de bodem- en plantchemie pas in het vijfde jaar duidelijker zichtbaar. Dit terwijl in een experiment met Soilfeed op de Hoge Veluwe binnen drie jaar al een toename van de basenverzadiging gemeten werd van 9% in droge heide (Vogels et al., 2020; in het OBN-onderzoek op de Hoge Veluwe na 4 jaar: database B-WARE). Dit duidt erop dat steenmelen dus niet overal even snel werken. Mogelijk speelt een verschil in samenstelling van het bodemleven (fungi, bacteriën & mesofauna) een rol in de snelheid van verwering van de toegediende silicaatmineralen, een aspect dat nader uitgezocht moet worden (en in het OBN-vervolgonderzoek in het nationaal Park de Hoge Veluwe dan ook wordt onderzocht).

Alle toegediende steenmelen bevatten een hoog aandeel aluminium in hun silicaten. Steenmeeltoediening resulteerde echter niet in een toename van de beschikbare Al-concentratie in de bodem. Ook het aandeel Al aan het adsorptiecomplex veranderde minimaal met steenmeeltoediening, met uitzondering van Soilfeed. Met de toediening van Soilfeed werd naast een toename van K en Ca aan het complex ook een toename van Al aan het complex gemeten (van 6%). Dit is een aspect dat nader onderzocht moet worden, want dit is een ongewenst effect. Het is vooralsnog niet duidelijk of het aandeel Al aan het complex in de toekomst af zal nemen en het complex verder op zal laden met Ca, K of Mg.

Met het toedienen van steenmeel namen de basische kationen in de vegetatie binnen vijf jaar toe en werden geen verhoogde concentraties zware metalen in de bodem- of vegetatiechemie gemeten. In de vegetatiechemie resulteerde het toedienen van Lavagruis, Soilfeed, Biolit en Dolokal tot een afname van het Mn-gehalte in Struikhei en Bochtige smele. Met de toediening van Dolokal werd tevens een afname van het Zn-, Fe- en Al-gehalte gemeten in Struikhei of Bochtige smele. Deze effecten in vegetatiechemie werden niet (of slechts deels) terug gemeten in de bodemchemie. Een verklaring hiervoor zijn veranderingen in microbiële processen (inclusief mycorrhizae-interacties) en veranderingen in opname-efficiëntie door wortels. Deze effecten op de vegetatiechemie zijn waarschijnlijk wel indirect gerelateerd aan de verandering in bodemchemische parameters. Het is onbekend of deze, soms kleine, afnames in plantchemie ecologisch relevant zijn en dienen nader onderzocht te worden. Verder was het K-gehalte in Struikhei 10-15% lager met Biolit200- en Dolokal-toediening en werd met het vijfjaren-model een trend in lagere K-beschikbaarheid in de bodem gevonden met Biolit-toediening. Het is onduidelijk of deze lichte afname van het K-gehalte in Struikhei ook ecologisch relevant is, maar dit is gezien de cruciale rol die K speelt in vochthuishouding van planten niet ondenkbaar. Ook hier is nader onderzoek voor nodig.

In de Dolokal-behandeling werd een negatief effect op de fauna waargenomen, namelijk een afname van de detritivore tweevleugeligen. Deze afname wordt mogelijk veroorzaakt door een negatief effect van een te hoge Dolokal dosering op bodemchemische en/of microbiële processen. Bij een hoge kalkgift kan als gevolg van de snel stijgende pH veel PO_4 neerslaan met voorheen opgelost aluminium en ijzer (Haynes 1982), waardoor het niet meer beschikbaar is voor (micro)organismen. Een andere mogelijke verklaring is dat de microbiële activiteit (schimmels en bacteriën) is afgenomen door een sterke verandering in bodem-pH (deze steeg met 0,8 eenheden). Deze verandering in microbiële activiteit lijkt de meest plausibele verklaring en verdient nader onderzoek.

Op basis van dit vijfjarig onderzoek werden vooral positieve effecten en nauwelijks negatieve effecten van steenmeeltoediening gemeten op de bodemchemie, vegetatiechemie, vegetatiesamenstelling of fauna, in tegenstelling tot hoge dosis Dolokal-toediening. Omdat de effecten van deze langzaam werkende steenmelen nog niet gestabiliseerd zijn, wordt geadviseerd om ook de middellange termijneffecten van deze steenmeeltoedieningen te blijven volgen. Voor de ernstig verzuurde delen van de droge heide op de Strabrechtse heide wordt geadviseerd om deze in

60244 0033

trialvorm (ca. 5-30 ha) te gaan behandelen met een combinatie van Biolit100 met Soilfeed of een ander K-leverend steenmeel (Eifelgold).

Kennishiaten

Op basis van dit vijfjarig onderzoek zijn de volgende vragen opengebleven of gerezen:

- Welke steenmeelsoort werkt op de middellange termijn (6-10 jaar) het best m.b.t. het herstel van de bodem- en vegetatiechemie op de Strabrechtse heide?
- Leidt de inzet van de steenmeelgift op middellange termijn tot significante verbetering van de kwaliteit van de droge heide in Strabrecht wat betreft vegetatiesamenstelling, paddenstoelen en bovengrondse fauna?
- Zetten de waargenomen positieve trends op fauna zich voort?
- Wat zijn de effecten van steenmeeltoediening op het bodemleven (bacteriën, mycorrhiza-schimmels en mesofauna) en daarmee op de snelheid van stoffenkringloop in het heide-ecosysteem?
- Zal het bodemcomplex verder opladen met Ca, Mg en K ten koste van H+ en Al?
- Leidt herintroductie van kenmerkende kruiden uit het heidelandschap zoals kruipbrem of stekelbrem tot een betere vegetatieontwikkeling kenmerkend voor droge heide?
- Bodemchemische metingen gaven geen indicatie voor verhoogde mineralisatie en verruiging, maar de paddenstoelen wezen wel op een toename. De mate van toename is echter niet duidelijk en vraagt om gedetailleerder onderzoek.
- Is er een ecologisch relevant effect op plantelement ratio's, met in het bijzonder die van Mn en Mn/Ca en Mn/Mg ratio? Heeft deze verandering in de voedselkwaliteit van de vegetatie gevolgen voor de herbivore fauna?
- Zet de waargenomen negatieve trend van 4 ton Dolokal-toediening op de niet-gebonden P-beschikbaarheid in de bodem door en leidt dit tot negatieve effecten op plantchemie, flora en fauna?
- Wat is het ecologisch effect van de afname van Mn- en/of Zn-beschikbaarheid in de bodem met Dolokal- en Biolit-toediening? Is dit te interpreteren als een verlaging van toxische metalen in de bodem of als verdringing van belangrijke (sporen)elementen?
- Wat gebeurt er met de verhouding en samenstelling van het bodemleven (schimmels, bacteriën, mijten, spingstaarten) in de met steenmeel en dolokal-behandelde proefvlakken, en wat is het effect ervan op bodemafbraakprocessen en nutriëntkringlopen?
- Is er een verband tussen bodemleven (samenstelling, activiteit) en de verweringssnelheid van de steenmelen welke verklarend is voor verschillen in verweringssnelheid t.o.v. andere gebieden, waar eenzelfde product met eenzelfde dosering tot een groter effect leidde?

60244 0033

9 Literatuurlijst

Bergsma,H., J. Vogels, M. Weijters, R. Bobbink, A. Jansen & L. Krul (2016). Tandrot in de bodem. Bodem nummer 1, februari 2016.

Bergsma,H., J. Vogels, A. van den Burg & R. Bobbink (2018). Is de bodemverzuring in Nederland onomkeerbaar? Vakblad Natuur Bos Landschap 144

Beuk, P. L. T. 2002. Checklist of the Diptera of the Netherlands. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

Bobbink, R., Brouwer, E., Ten Hoopen, J. & Dorland, E. (2004). Herstelbeheer in het heidelandschap: effectiviteit, knelpunten en duurzaamheid. In: Van Duinen, G-J., Bobbink, R., Van Dam, C., Esselink, H., Hendriks, H., Klein, M., Kooijman, A., Roelofs, J. & Siebel, H., Duurzaam natuurherstel voor behoud biodiversiteit. 15 jaar herstelmaatregelen in het kader van het overlevingsplan bos en natuur, Expertisecentrum LNV, Ede, pp. 33-70.

Bobbink, R., D. Bal, H.F. van Dobben, A.J.M. Jansen, M. Nijssen, H. Siepel, J.H.J. Schaminée, N.A.C. Smits & W. de Vries, (2014). De effecten van stikstofdepositie op de structuur en het functioneren van ecosystemen. In: N.A.C. Smits & D. Bal (red.). Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats. Alterra WUR & Ministerie EZ. Deel 1, H-2: 41-110.

Bobbink, R., Bergsma, H.L.T., Den Ouden, J & Weijters, M.J. (2017). Bodemverzuring in het droog zandlandschap. na het zuur geen zoet? Landschap, special issue Droog zandlandschap.

Bobbink, R., A. van den Burg, E. Brouwer, B. van de Riet & H. Siepel (2018). Langetermijneffecten van bosbekalking en – bemesting: de Harderwijkerproef. Monitoring OBN-17-DZ. VBNE, Driebergen.

Bobbink, R., Loeb, R., Bijlsma, R. J., & van Delft, S. P. J. (2019). Doet extreme droogte stikstofbom in droge heide barsten? Vakblad Natuur Bos Landschap, (160), 3-6.

Diemont, W. H. 1996. Survival of Dutch heathlands. "IBN Scientific Contributions 1.". DLO Institute for Forestry and Nature Research (IBN-DLO), Wageningen.

De Graaf, M.C.C., Verbeek, P.J.M., Bobbink, R. & Roelofs, J.G.M. (1998). Restoration of species-rich dry heaths: the importance of appropriate soil conditions. Acta Botanica Neerlandica 47, 89-111.

De Smidt 1975, Nederlandse heidevegetaties. Dissertatie Universiteit Utrecht

Dorland, E., Hart, M.A.C., Vergeer, M.L. & Bobbink, R., (2005). Assessing the success of wet heath restoration by combined sod cutting and liming. Applied Vegetation Science, 8, 209-218.

Dorland, E., Van den Berg, L. J. L., Brouwer,E. , Roelofs, J. G. M., Bobbink, R., (2005). Catchment liming to restore degraded, acidified heathlands and moorland pools. Restoration Ecology, 13, 302-311.

Gimingham, C.H. (1972). Ecology of heathlands. Chapman & Hall. London.

60244 0033

Grønflaten, L. K., L. Amundsen, J. Frank, and E. Steinnes (2005). Influence of liming and vitality fertilization on trace element concentrations in Scots pine forest soil and plants. Forest Ecology and Management 213:261-272.

Haynes, R. (1982). Effects of liming on phosphate availability in acid soils. Plant and Soil **68**:289-308.

Kleiber, C., and A. Zeileis. (2008). Applied Econometrics with R. Springer-Verlag, New York.

Melbourne, B. A. (1999). Bias in the effect of habitat structure on pitfall traps: An experimental evaluation. Australian Journal of Ecology **24**:228-239.

Oksanen, J. (2015). Multivariate Analysis of Ecological Communities in R: vegan tutorial.

R Core Team. (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Siepel, H., R. Bobbink, B. P. van de Riet, A. B. van den Burg, and E. Jongejans. (2019). Long-term effects of liming on soil physico-chemical properties and micro-arthropod communities in Scotch pine forest. Biology and Fertility of Soils 55:675-683.

Spence, J. R., and J. K. Niemela. (1994). SAMPLING CARABID ASSEMBLAGES WITH PITFALL TRAPS - THE MADNESS AND THE METHOD. Canadian Entomologist **126**:881-894.

Topping, C. J., and K. D. Sunderland. (1992). LIMITATIONS TO THE USE OF PITFALL TRAPS IN ECOLOGICAL-STUDIES EXEMPLIFIED BY A STUDY OF SPIDERS IN A FIELD OF WINTER-WHEAT. Journal of Applied Ecology **29**:485-491.

Turin, H. (2000). De Nederlandse loopkevers. Verspreiding en oecologie (Coleoptera: Carabidae). Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & EIS-Nederland, Leiden.

Urbasek, F., and J. Chalupsky. (1992). EFFECTS OF ARTIFICIAL ACIDIFICATION AND LIMING ON BIOMASS AND ON THE ACTIVITY OF DIGESTIVE ENZYMES IN ENCHYTRAEIDAE (OLIGOCHAETA) - RESULTS OF AN ONGOING STUDY. Biology and Fertility of Soils **14**:67-70.

Van der Zee, F.,Bobbink, R., Loeb, R., Wallis De Vrie M., Oostermeijer, G., De Graaf, M. (2017). Actieplan herstel heischrale graslanden. Hoe behouden we heischrale graslanden in nederland? Wageningen Environmental Research, Wageningen 2017

Venables, W. N., and B. D. Ripley. (2002). Modern Applied Statistics with S. 4th edition. Springer, New York.

Verstraten, J.M., T. Tietema & J.C.R. Dopheide (1989). Bodemverzuring: principes en voorbeelden. K.N.A.G. Geografisch Tijdschrift XXIII: 251-254.

Vogels, J.J., R. Bobbink, M. Weijters & R-J. Bijlsma (2016). Monitoring OBN onderzoek fosfaattoevoeging heide".

Vogels, J. J., M. Weijters, R. J. Bijlsma, R. W. de Waal, R. Bobbink, and H. Siepel (2016). Fosfaattoevoeging Heide. VBNE, Driebergen.

60244 0033

Vogels, J.J., Verberk, W.C.E.P., Lamers, L.P.M., Siepel, H., (2017) Can changes in soil biochemistry and plant stoichiometry explain loss of animal diversity of heathlands? Biological conservation.

Vogels, J., R. Loeb, E. Brouwer, R. Felix & M. Scherpenisse (2017) Optimaliseren van herstelmaatregelen voor habitattypen van droge heide. De stikstofverwijderingspotentie van de gecombineerde maatregel branden en drukbegrazen. In opdracht van: Provincie Noord-Brabant – Subsidieregeling Biodiversiteit en leefgebieden.

Vogels, J., M. Weijters, H. Bergsma, R. Bobbink, H. Siepel, J. Smits, and L. Krul. (2018). Van bodemherstel naar herstel van fauna in een verzuurd heidelandschap. De Levende Natuur **119**:200-204.

Vogels, J. J., M. J. Weijters, R. Bobbink, R.-J. Bijlsma, L. P. M. Lamers, W. C. E. P. Verberk, and H. Siepel (2020). Barriers to restoration: soil acidity and phosphorus limitation constrain recovery of heathland plant communities after sod cutting. Applied Vegetation Science 23:94-106.

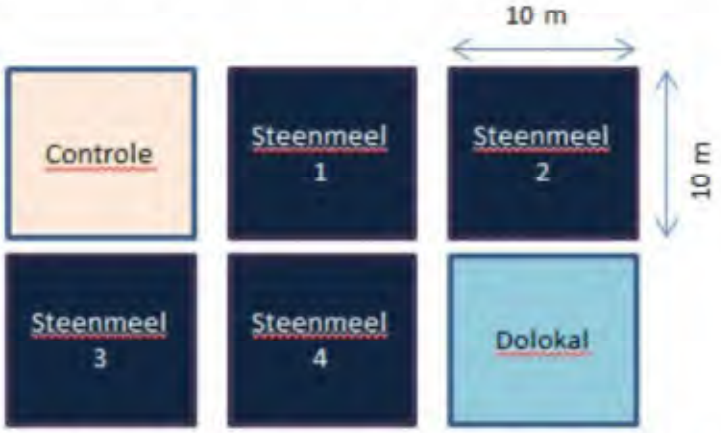
Wallis de Vries, M., K. Huskens, J. J. Vogels, R. Versluijs, R. Loeb, E. Brouwer, and R. Bobbink. (2018). Alternatieven voor plaggen van natte heide - Effecten op middellange termijn. VBNE, Driebergen.

Weijters, W., R. Bobbink, E. Verbaarschot, J. Vogels, H. Bergsma & H. Siepel, 2017. Herstel van heide door middel van steenmeelgift: (tussen)rapportage 2017. 's Hertogenbosch, Provincie NoordBrabant/ Driebergen, OBN-VBNE.

Weijters, M., R. Bobbink, E. Bohnen-Verbaarschot, B. Van de Riet, J. Vogels, H. Bergsma & H. Siepel (2018). Herstel van heide door middel van slow release mineralengift. Resultaten van 3 jaar steenmeelonderzoek., VBNE, Driebergen, 216 pag.

Bijlage 1 Beschrijving proeflocatie

Als eerste is op basis van bestaande gegevens onderzocht welke vier soorten steenmeel potentieel het meest geschikt zijn voor toepassing in droge heideterreinen (zie Hoofdstuk 2 en 4). Steenmeel is er namelijk in verschillende samenstellingen, met verschillende verhoudingen tussen Ca, Mg, K en Na. Vervolgens is een veldproef ingezet in de Strabrechtse heide. Van dit terrein is vooraf de mineralogische uitgangssituatie onderzocht.



Figuur B1.1. Opzet van de proef. In het terrein worden 5 van deze blokken ingezet. De behandelingen worden per toeval over de proefvlakken verdeeld. Ieder proefvlak is 10 m bij 10 m groot.

Door in het terrein de vier potentieel meest effectieve soorten steenmeel toe te passen, kan de best werkende steenmeelsoort voor deze bodem worden gevonden. Daarnaast wordt het toedienen van steenmeel vergeleken met het toedienen van dolokal en een onbehandelde controle. In het terrein zijn per behandeling 5 replica's van 10 m x 10 m ingericht en de behandelingen zijn per toeval over deze proefvlakken verdeeld (Figuur B1.1), zodat de resultaten statistisch getoetst kunnen worden. Het is de bedoeling dat de resultaten geschikt zijn voor publicatie in wetenschappelijke Nederlandstalige vaktijdschriften, en dat de eventuele aanbevelingen "evidence-based" zijn. In het terrein liggen vijf blokken met ieder zes proefvlakken (Figuur B1.2)

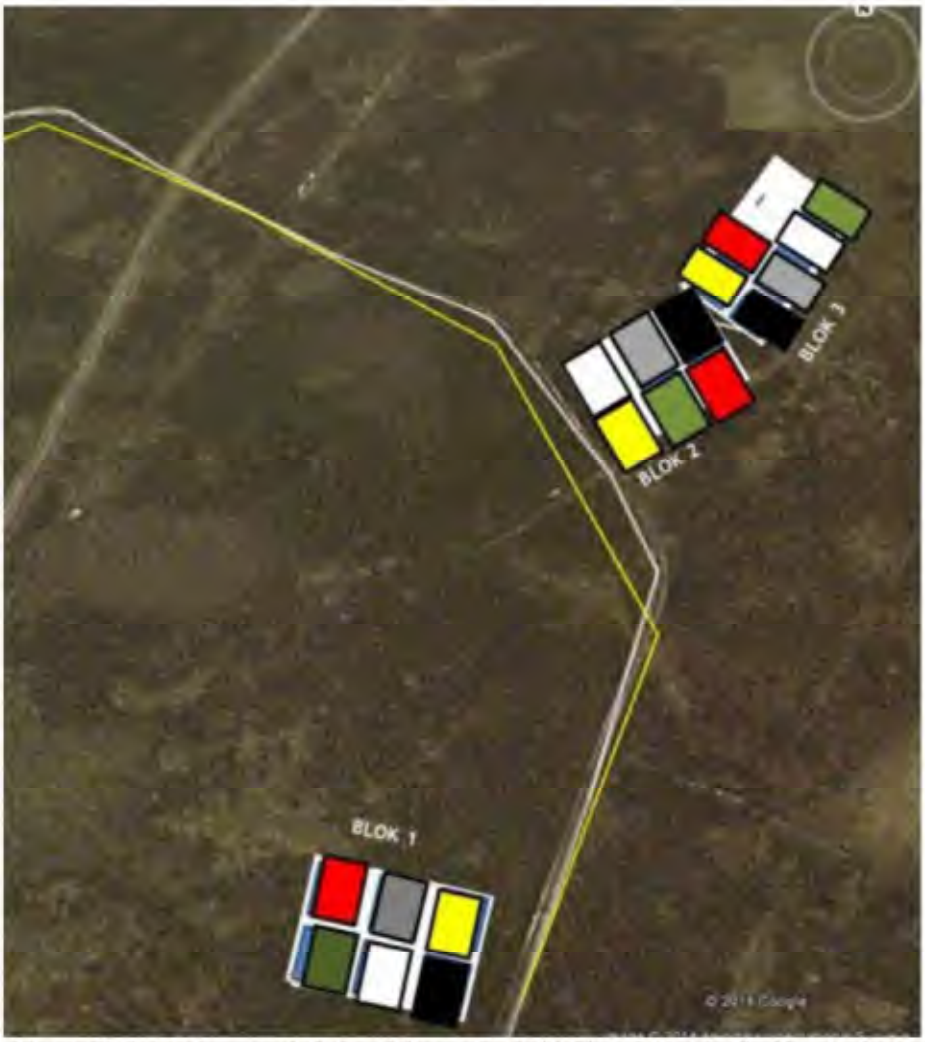
Na een eerste bijeenkomst van het consortium en een verkennend veldbezoek op 23-07-2014 zijn verschillende potentiele locaties geselecteerd met droge heidevegetatie met een intact organische laag, aangezien alle locaties al zeker 50 jaar niet geplagd zijn. Vervolgens zijn op 04-11-2014 de blokken definitief gekozen en de hoekpunten van alle proefvlakken ingemeten (Figuur B1.2). Vervolgens zijn door Staatsbosbeheer hoekpalen geplaatst om de proefvlakken permanent te markeren. Ook is op dat moment de nulbemonstering van de bodem - dus voor de steenmeelbehandelingen - uitgevoerd, door in ieder proefvlak een mengmonster van drie gutssteken te verzamelen.

Figuur B1.2. Ligging experimentele blokken in de Strabrechtse heide.

Daarna is op 24 en 25 november 2014 het steenmeel en Dolokal op de proefvlakken aangebracht. Dit is, vanwege de hoge heidevegetatie, het relatief kleine oppervlak en doordat de verschillende behandelingen dicht bij elkaar liggen, met de hand uitgevoerd (Figuur B1.5). De toegekende behandelingen en doseringen zijn weergegeven in Tabel B1.1 en de figuren B1.3 en B1.4. In H4 is weergegeven waarop de gekozen steenmeelsoorten en doseringen zijn gebaseerd. De volgende behandelingen zijn toegepast (Tabel B1.1):

Tabel B1.1. Toegediende behandelingen in het experiment.

Biolit < 100 µm (10 ton/hectare)
Biolit <200 µm (10 ton/hectare)
Lavagruis (15 ton/hectare)
Soilfeed (10 ton/hectare)
Dolokal (4 ton/hectare)
Controle (onbehandeld)



Figuur B1.3. Ligging van de behandelingen in de blokken 1 t/m 3. De kleuren komen overeen met de behandelingen uit tabel B1.1.

Figuur B1.4. Ligging van de behandelingen in de blokken 4 en 5. De kleuren komen overeen met de behandelingen uit tabel B1.1.

Bijlage 2 Bodemchemie

Bijlage 2.1. Bodemchemische gegevens van de begraasde proefvlakken.

GEMIDDELDE BEGRAASDE PROEFVLAKKEN					*Zoutextractie*												
Tijdstip	Behandeling	MV	OS	Olsen-P	pH-NaCl	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4
		(kg/l)	(%)	(umol/kg)	(umol/kg bodem)												
0	Controle	1,2	5,8	240	3,0	1077	1430	4	121	349	5	1	36	33	57	14	23
0	Dolokal	1,1	7,3	260	3,0	1264	1630	4	137	417	6	1	42	33	66	32	117
0	Biolit 100	1,1	8,2	229	3,1	874	1258	7	161	305	4	1	44	47	45	13	60
0	Biolit 200	1,1	7,4	252	3,0	1264	1760	12	459	457	9	4	52	39	74	35	224
0	Lavagruis	1,2	6,1	262	3,1	1508	1219	9	141	318	5	1	36	36	57	4	13
0	Lurgi	1,1	9,1	274	3,0	1336	2247	8	152	587	10	3	47	35	90	3	51
2	Controle	1,0	9,2	557	3,1	1399	2477	7	567	691	15	4	75	48	97	78	1228
2	Dolokal	1,0	8,1	492	3,9	119	4962	4	440	5183	13	6	120	81	31	111	465
2	Biolit 100	1,0	7,2	535	3,5	394	3822	4	462	2533	31	7	93	84	66	68	332
2	Biolit 200	1,0	8,1	559	3,4	553	3618	5	447	2075	41	11	85	73	62	93	346
2	Lavagruis	1,0	7,6	481	3,4	769	1677	4	1192	651	15	4	66	613	44	50	477
2	Lurgi	1,0	8,2	471	3,3	871	3244	10	890	747	18	3	84	1089	77	52	511
3	Controle	0,9	5,7	214	3,1	1462	1927	7	356	521	15	4	50	44	54	105	403
3	Dolokal	0,9	6,9	241	3,9	228	5290	3	308	5163	15	3	87	87	24	82	124
3	Biolit 100	0,9	6,2	250	3,4	647	2779	3	308	1526	20	6	50	75	36	53	193
3	Biolit 200	0,9	6,8	186	3,2	949	2772	4	200	1514	12	8	51	50	51	39	128
3	Lavagruis	0,9	7,9	247	3,1	1937	2017	4	731	651	11	7	64	273	73	145	422
3	Lurgi	0,9	7,1	179	3,2	1425	2210	3	618	537	7	2	49	560	51	93	165
5	Controle	0,9	7,6	489	3,0	665	1854	4	408	845	26	6	168	37	52	104	242
5	Dolokal	1,0	6,2	367	4,0	113	4517	7	452	5648	8	3	182	80	15	73	95
5	Biolit 100	0,9	10,1	565	3,2	423	3682	9	508	2565	35	16	181	57	54	56	115
5	Biolit 200	0,9	8,1	542	3,1	676	3232	6	463	2155	29	17	187	49	67	95	98
5	Lavagruis	0,8	7,6	624	3,0	781	1922	7	875	1091	30	7	205	269	75	96	105
5	Lurgi	0,8	9,1	537	3,1	806	4052	8	910	1557	33	4	185	434	88	93	121

		Strontiumextractie		*Demiwaterextractie*														
Tijdstip	Behandeling	BV	CEC	pH H2O	Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4	PO4	Na	K	Cl
		(%)	(meq/kg)	(umol/kg bodem)															
0	Controle	12	29	3,9	30	54	5	7	0,2	2	13	37	1	7	2	1	24	24	39
0	Dolokal	14	28	3,8	42	53	6	8	0,8	2	21	37	1	31	9	1	24	36	89
0	Biolit 100	13	25	4,0	41	48	5	6	0,7	2	14	36	1	13	6	1	6	25	41
0	Biolit 200	16	28	4,0	15	63	5	9	0,3	1	28	37	1	29	24	1	18	46	49
0	Lavagruis	11	29	4,0	34	35	5	5	0,3	1	17	37	1	2	2	1	17	24	38
0	Lurgi	20	27	3,8	70	61	7	10	0,7	2	19	40	1	2	2	1	33	102	204
2	Controle	24	44	4,0	27	11	7	2	0,1	6	29	43	0	52	120	2	53	43	123
2	Dolokal	58	42	4,4	33	41	8	60	0,2	14	42	74	0	90	103	8	63	80	128
2	Biolit 100	41	33	4,1	39	31	7	20	0,2	37	33	77	1	61	57	29	91	84	137
2	Biolit 200	38	39	4,1	30	29	8	19	0,3	30	36	74	1	65	65	22	74	74	132
2	Lavagruis	29	27	4,2	24	21	8	10	0,2	19	40	296	0	39	145	10	430	61	142
2	Lurgi	32	41	4,3	24	11	8	2	0,1	7	30	223	0	39	39	3	185	44	128
3	Controle	18	33	4,6	15	33	6	0	0,1	2	21	34	1	78	124	1	46	47	67
3	Dolokal	43	36	4,9	24	32	6	48	0,1	3	24	49	1	55	35	2	22	38	66
3	Biolit 100	39	30	4,8	15	16	5	5	0,1	7	15	48	0	51	53	6	60	53	68
3	Biolit 200	30	33	4,5	11	19	3	4	0,1	10	14	37	0	36	41	8	22	28	22
3	Lavagruis	15	39	4,7	20	11	7	0	0,1	3	25	150	0	121	113	2	224	37	93
3	Lurgi	22	28	4,8	12	7	5	0	0,1	2	13	166	0	72	35	1	142	36	54
5	Controle	17	44	4,1	24	35	5	17	0,3	6	16	39	4	150	56	3	165	63	129
5	Dolokal	69	68	4,8	36	91	8	164	0,1	2	38	78	7	92	30	2	81	45	103
5	Biolit 100	37	59	4,2	36	63	7	44	0,3	48	25	62	9	65	15	38	83	58	105
5	Biolit 200	26	49	4,0	32	36	7	36	0,3	8	23	48	6	100	18	4	48	40	87
5	Lavagruis	18	45	4,4	34	60	8	24	0,3	8	50	260	7	123	126	4	447	148	409
5	Lurgi	23	62	4,2	44	45	8	19	0,6	5	34	340	4	165	81	2	358	119	186

ST.FOUT BEGRAASDE PROEFVLAKKEN					Zoutextractie												
Tijdstip	Behandeling	MV (kg/l)	OS (%)	Olsen-P (umol/kg)	pH-NaCl	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4
						(umol/kg bodem)											
0	Controle	0,05	0,77	28,0	0,04	247,5	110,7	0,4	29,2	68,4	0,2	0,4	5,0	5,7	19,3	11,1	15,0
0	Dolokal	0,07	0,97	29,8	0,05	108,6	239,7	0,3	32,3	74,9	1,1	0,3	4,6	3,7	14,9	17,6	15,4
0	Biolit 100	0,07	1,74	40,9	0,02	93,3	115,0	0,8	42,7	57,7	0,6	0,4	11,8	9,1	2,1	5,1	22,5
0	Biolit 200	0,02	0,84	3,4	0,04	115,3	209,7	4,9	239,2	129,9	3,7	1,2	9,4	5,9	19,1	21,3	130,8
0	Lavagruis	0,03	0,59	33,1	0,03	382,4	90,3	4,0	5,2	13,5	0,4	0,1	3,3	5,1	13,5	0,8	12,5
0	Lurgi	0,01	0,77	2,7	0,06	333,3	479,6	3,7	50,3	152,9	2,7	2,1	9,1	2,9	22,5	1,2	30,2
2	Controle	0,03	0,75	29,9	0,04	232,4	136,7	1,5	137,9	44,1	0,4	1,5	4,4	4,5	12,9	29,3	656,6
2	Dolokal	0,02	0,69	19,2	0,15	34,4	167,5	0,9	113,4	256,7	2,0	2,7	2,9	7,3	9,1	39,2	220,5
2	Biolit 100	0,05	0,14	16,9	0,16	98,6	866,7	0,9	157,2	668,1	1,6	4,4	22,9	33,3	13,1	5,8	83,6
2	Biolit 200	0,02	0,61	36,1	0,04	35,9	392,4	1,5	149,2	172,6	8,9	2,2	7,8	14,1	12,7	28,8	104,2
2	Lavagruis	0,02	0,32	57,9	0,08	109,4	104,7	1,0	661,2	68,9	2,1	1,5	3,5	87,3	2,9	19,6	173,6
2	Lurgi	0,04	1,10	6,4	0,08	55,7	501,4	5,7	106,4	79,5	5,1	0,9	14,6	358,6	16,2	19,9	200,9
3	Controle	0,02	1,56	29,1	0,08	426,8	233,2	2,6	108,1	119,9	1,5	1,0	3,8	5,7	5,1	59,2	260,2
3	Dolokal	0,05	1,15	48,5	0,10	69,8	530,5	0,6	57,6	630,8	1,5	0,6	8,1	16,0	0,6	5,4	34,1
3	Biolit 100	0,03	0,76	33,3	0,06	61,4	552,9	0,6	125,3	342,9	5,1	1,0	7,5	11,4	2,3	12,4	99,3
3	Biolit 200	0,06	0,82	27,3	0,08	286,2	1075,6	1,4	35,5	463,7	2,2	2,9	5,6	9,2	9,1	9,1	22,3
3	Lavagruis	0,02	0,40	38,2	0,09	404,7	422,7	1,1	205,9	169,3	4,8	2,9	12,2	68,4	15,0	48,6	5,7
3	Lurgi	0,03	1,27	22,4	0,07	416,0	136,5	0,5	63,8	57,0	1,3	0,6	7,0	230,4	9,4	32,5	42,8
5	Controle	0,02	0,56	23,3	0,06	64,0	230,3	0,2	30,5	246,9	4,3	1,9	11,5	6,2	7,0	23,7	121,3
5	Dolokal	0,01	0,48	6,1	0,36	87,4	1463,8	0,0	52,2	1946,3	1,7	0,3	10,1	18,8	6,5	30,4	38,2
5	Biolit 100	0,07	2,50	93,9	0,09	119,6	1169,0	0,9	125,3	733,0	13,4	0,5	23,0	14,9	14,1	23,4	31,2
5	Biolit 200	0,02	1,08	26,0	0,15	258,4	208,3	0,7	16,5	53,0	2,5	9,0	18,9	3,7	11,3	16,8	13,1
5	Lavagruis	0,05	1,11	133,2	0,02	118,1	311,8	1,5	267,5	273,3	14,5	1,3	23,9	106,5	22,7	26,5	43,2
5	Lurgi	0,08	1,56	76,5	0,14	230,0	475,4	2,3	243,5	213,4	4,5	0,5	7,4	303,5	19,9	30,1	8,0

		Strontiumextractie		Demiwaterextractie														
Tijdstip	Behandeling	BV (%)	CEC (meq/kg)	pH H2O	Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4	PO4	Na	K	Cl
					(umol/kg bodem)														
0	Controle	0,9	3,7	0,2	10,2	2,7	2,5	0,5	0,10	0,2	2,4	5,0	0,1	6,3	1,0	0,0	12,1	0,7	10,2
0	Dolokal	1,4	3,2	0,1	8,7	16,2	0,2	1,9	0,29	0,3	1,3	2,5	0,1	16,2	3,5	0,1	11,4	11,1	42,2
0	Biolit 100	2,6	4,0	0,1	9,0	14,9	1,4	2,1	0,36	0,6	2,4	5,1	0,2	7,5	5,6	0,2	3,6	0,6	4,8
0	Biolit 200	1,1	1,3	0,2	5,4	44,8	1,8	6,3	0,16	0,5	15,2	5,5	0,2	15,7	10,3	0,2	17,7	19,5	20,8
0	Lavagruis	0,9	2,4	0,1	4,6	9,7	0,5	1,8	0,18	0,5	1,5	4,4	0,1	1,2	0,4	0,2	6,2	0,5	7,8
0	Lurgi	2,5	3,0	0,0	27,8	27,8	2,1	5,5	0,15	0,2	3,6	3,8	0,1	1,2	0,1	0,3	23,5	76,2	160,6
2	Controle	0,9	6,6	0,2	8,4	1,2	1,6	0,3	0,02	0,7	4,1	3,1	0,1	17,0	57,2	0,2	9,4	8,5	10,7
2	Dolokal	0,7	2,0	0,1	5,6	9,0	1,0	19,2	0,01	5,1	1,4	6,4	0,0	38,3	57,7	3,3	8,9	17,9	4,7
2	Biolit 100	5,8	1,5	0,3	16,2	3,7	1,8	4,3	0,05	13,9	5,5	27,1	0,1	1,7	27,3	11,7	14,6	22,7	6,7
2	Biolit 200	2,0	1,0	0,1	5,4	3,5	1,4	6,2	0,08	6,4	1,8	16,2	0,0	17,4	26,0	6,0	9,8	6,9	7,9
2	Lavagruis	3,4	3,0	0,2	3,3	9,0	1,6	7,4	0,10	10,3	7,7	34,2	0,3	17,0	111,1	6,7	198,1	40,3	13,0
2	Lurgi	3,7	3,3	0,1	4,5	1,8	2,3	0,3	0,03	0,9	0,9	67,5	0,0	16,8	7,5	0,4	46,3	17,0	7,7
3	Controle	1,5	6,5	0,2	2,8	23,6	0,6	0,3	0,02	1,4	9,0	2,3	0,6	57,4	53,9	0,7	31,7	15,2	35,4
3	Dolokal	6,2	2,6	0,1	4,8	6,9	1,2	14,9	0,04	1,3	3,3	1,8	0,1	15,2	1,0	0,6	0,5	6,7	20,1
3	Biolit 100	5,7	5,0	0,2	2,7	3,8	0,6	2,3	0,02	2,4	3,5	7,5	0,1	11,9	19,4	2,2	32,0	22,1	32,3
3	Biolit 200	6,3	5,6	0,1	2,3	1,7	0,5	2,7	0,02	4,0	0,7	6,4	0,0	8,0	2,9	3,5	2,3	1,0	6,6
3	Lavagruis	1,5	1,6	0,3	1,9	1,5	0,7	0,0	0,00	1,6	1,8	36,5	0,0	47,4	39,6	0,8	56,1	1,9	31,9
3	Lurgi	2,6	4,0	0,2	1,3	0,3	1,2	0,0	0,00	0,5	3,9	53,9	0,0	24,7	5,0	0,3	28,3	7,0	24,5
5	Controle	2,9	0,4	0,2	3,1	17,9	2,0	3,6	0,19	2,5	1,5	8,0	1,6	39,8	28,1	1,2	58,1	34,9	29,0
5	Dolokal	18,5	18,4	0,3	1,9	24,7	0,1	62,9	0,00	0,3	5,6	16,4	2,1	32,3	14,6	0,3	10,6	14,4	14,3
5	Biolit 100	2,6	12,4	0,2	13,8	22,8	2,9	14,1	0,26	21,9	6,5	17,0	4,1	25,9	2,7	18,6	11,4	6,5	5,1
5	Biolit 200	5,2	11,7	0,1	5,5	9,3	1,4	2,8	0,15	9,5	4,9	3,7	3,4	21,6	0,4	7,6	8,2	6,2	1,6
5	Lavagruis	2,5	4,1	0,2	8,4	26,3	0,9	6,4	0,19	0,2	24,7	114,0	2,8	26,5	113,7	0,6	231,6	98,8	320,6
5	Lurgi	3,5	15,1	0,1	24,9	19,7	3,4	4,3	0,45	2,4	12,2	231,6	1,2	56,6	53,8	1,1	170,9	63,5	68,8

Bijlage 2.2. Bodemchemische gegevens van de onbegraasde proefvlakken.

GEMIDDELDE ONBEGRAASDE PROEFVLAKKEN					*Zoutextractie*												
Tijdstip	Behandeling	MV	OS	Olsen-P	pH-NaCl	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4
		(kg/l)	(%)	(umol/kg)	(umol/kg bodem)												
0	Controle	1,1	8,1	401	3,1	1717	1543	10	222	616	5	2	58	33	73	22	306
0	Dolokal	1,0	9,3	367	3,2	2113	1159	9	269	490	5	1	44	22	55	70	340
0	Biolit 100	1,1	7,8	261	3,1	1161	1593	7	268	576	6	1	40	35	60	29	153
0	Biolit 200	1,0	9,0	377	3,1	2011	1153	8	243	432	6	1	43	34	63	49	261
0	Lavagruis	1,0	9,6	313	3,2	1566	2576	18	378	836	8	2	59	35	87	14	195
0	Lurgi	1,2	6,4	315	3,1	1786	980	6	85	279	3	0	26	20	40	15	52
2	Controle	1,0	9,2	615	3,2	2047	1572	16	374	741	10	4	76	42	73	69	538
2	Dolokal	1,0	8,1	511	3,6	410	3194	5	305	3441	6	2	83	69	42	48	401
2	Biolit 100	1,0	8,5	490	3,4	654	2807	4	264	2039	33	4	73	78	61	45	385
2	Biolit 200	0,9	10,3	641	3,3	1651	2233	6	276	1503	21	3	75	65	69	59	606
2	Lavagruis	1,0	9,4	535	3,3	1241	1916	6	534	883	8	2	71	672	63	33	418
2	Lurgi	1,1	6,2	422	3,4	701	2035	7	376	630	11	2	49	654	46	40	307
3	Controle	0,9	7,3	317	3,1	1952	1532	7	303	715	7	2	50	35	47	79	267
3	Dolokal	0,9	9,3	250	3,3	2115	2632	5	193	2722	7	2	69	41	46	115	286
3	Biolit 100	0,8	6,9	210	3,3	1229	2699	3	170	1969	10	1	41	36	37	9	58
3	Biolit 200	0,8	12,8	365	3,2	2306	2317	5	382	1543	15	3	53	65	51	79	157
3	Lavagruis	0,8	8,7	239	3,2	1699	1292	3	414	467	6	3	38	580	39	52	120
3	Lurgi	0,8	5,7	433	3,4	2278	1897	3	469	412	5	1	42	978	39	31	164
5	Controle	1,0	9,8	826	2,9	1693	2108	8	422	1146	26	6	209	39	88	156	195
5	Dolokal	1,0	8,2	613	3,3	623	2957	10	591	3620	10	2	200	46	55	116	416
5	Biolit 100	0,9	8,9	570	3,0	695	2902	5	515	2247	18	6	193	32	64	122	110
5	Biolit 200	1,0	8,0	424	3,1	963	3476	7	488	2050	29	4	182	33	71	80	185
5	Lavagruis	1,0	7,6	625	3,2	882	2580	6	940	1490	16	6	208	855	69	231	385
5	Lurgi	0,9	10,8	731	3,1	1485	2316	5	707	626	10	2	190	556	61	92	152

		Strontiumextractie		*Demiwaterextractie*														
Tijdstip	Behandeling	BV	CEC	pH H2O	Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4	PO4	Na	K	Cl
		(%)	(meq/kg)	(umol/kg bodem)															
0	Controle	21	21	3,7	143	28	12	4	1,1	1	27	32	1,0	33	33	1	24	26	56
0	Dolokal	17	19	3,7	40	106	6	15	0,2	1	35	28	0,6	22	67	1	86	36	87
0	Biolit 100	20	22	3,7	35	59	5	8	0,1	1	17	41	0,6	21	19	1	41	25	51
0	Biolit 200	20	16	3,5	168	74	14	11	0,4	2	28	34	1,3	38	53	1	90	34	98
0	Lavagruis	29	21	3,7	37	111	5	15	0,3	1	20	31	0,5	13	5	1	44	27	63
0	Lurgi	11	22	3,7	39	38	7	7	0,2	1	15	22	0,7	20	19	1	33	25	57
2	Controle	21	41	3,7	39	12	10	4	0,1	4	34	39	0,4	31	89	2	78	44	131
2	Dolokal	44	43	4,1	34	20	9	31	0,1	4	43	78	0,4	36	104	2	74	49	143
2	Biolit 100	34	37	4,0	22	21	8	11	0,4	14	35	85	0,5	32	77	9	83	36	130
2	Biolit 200	17	55	3,7	35	8	8	6	0,1	7	35	62	0,2	35	107	4	83	36	129
2	Lavagruis	24	42	4,1	33	14	10	3	0,3	9	39	308	1,5	18	45	5	320	32	502
2	Lurgi	29	33	4,5	28	9	4	2	0,2	6	18	173	0,2	28	23	3	109	27	106
3	Controle	14	28	4,4	20	19	6	0	0,1	1	13	22	0,5	47	73	0	28	28	36
3	Dolokal	32	45	4,3	32	26	10	42	0,1	1	27	35	1,4	67	81	0	16	28	51
3	Biolit 100	19	28	4,5	13	11	3	1	0,1	1	9	27	0,3	10	36	0	31	26	27
3	Biolit 200	21	45	4,5	26	13	7	3	0,1	2	15	59	0,4	63	76	1	63	39	34
3	Lavagruis	14	31	4,8	7	8	3	0	0,0	2	5	142	0,1	42	37	1	108	27	26
3	Lurgi	18	35	5,1	24	8	6	0	0,0	1	9	464	0,3	26	39	1	181	28	35
5	Controle	16	77	3,7	49	38	9	35	0,5	8	30	38	3,6	212	70	3	64	41	90
5	Dolokal	43	64	4,1	43	37	9	63	0,1	2	33	45	3,0	158	107	1	82	72	105
5	Biolit 100	27	56	3,8	29	29	7	39	0,3	6	20	36	3,0	130	29	3	42	40	79
5	Biolit 200	22	64	4,0	50	43	7	33	0,3	4	20	39	5,8	124	41	2	60	35	84
5	Lavagruis	25	58	4,4	47	34	7	28	0,1	17	43	750	0,2	284	73	11	402	83	92
5	Lurgi	17	52	4,3	42	16	8	16	0,2	2	19	469	0,9	129	16	1	287	45	101

ST.FOUT ONBEGRAASDE PROEFVLAKKEN					Zoutextractie												
Tijdstip	Behandeling	MV	OS	Olsen-P	pH-NaCl	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4
		(kg/l)	(%)	(umol/kg)	(umol/kg bodem)												
0	Controle	0,01	0,18	75,5	0,02	108,6	113,2	2,1	20,7	86,0	0,1	0,1	19,1	13,4	16,1	0,7	135,4
0	Dolokal	0,02	1,45	38,8	0,03	336,4	220,7	5,3	6,0	90,7	0,6	0,8	8,2	3,4	8,2	0,3	99,0
0	Biolit 100	0,02	0,31	58,9	0,01	140,5	203,0	3,1	54,9	41,2	0,2	0,1	4,4	11,2	4,1	12,2	49,4
0	Biolit 200	0,05	1,16	8,3	0,03	212,9	189,4	0,0	9,0	37,3	1,1	0,1	0,8	15,7	10,2	12,1	83,5
0	Lavagruis	0,03	1,08	57,0	0,08	150,7	1525,5	11,0	208,8	343,2	4,1	0,4	23,5	12,6	28,7	8,0	93,0
0	Lurgi	0,04	0,07	16,7	0,01	98,9	219,8	1,8	1,9	3,8	0,1	0,1	0,7	4,5	1,1	1,6	19,1
2	Controle	0,05	0,69	75,6	0,00	240,8	184,1	6,4	6,4	30,3	1,8	1,1	11,8	4,3	9,7	18,4	91,0
2	Dolokal	0,00	0,01	25,5	0,08	196,5	709,1	1,0	0,2	706,2	1,1	1,0	14,0	15,2	5,0	15,6	7,8
2	Biolit 100	0,02	0,36	4,2	0,08	118,2	86,5	0,4	3,6	88,3	7,4	1,7	11,0	1,7	13,1	6,2	114,9
2	Biolit 200	0,03	0,36	26,3	0,06	247,1	353,1	0,9	17,5	46,6	11,3	1,3	13,3	17,8	14,9	18,5	182,0
2	Lavagruis	0,02	0,78	14,9	0,02	98,9	424,8	1,8	30,4	287,6	1,4	1,2	1,1	209,0	10,2	14,5	90,8
2	Lurgi	0,04	0,27	27,1	0,03	37,3	136,4	3,0	26,2	71,0	3,0	0,7	1,3	10,4	2,6	13,8	42,7
3	Controle	0,09	0,79	89,9	0,07	82,5	112,7	0,5	5,3	86,1	0,1	0,0	6,1	5,4	5,6	5,9	60,5
3	Dolokal	0,03	0,69	15,6	0,14	266,9	256,9	1,3	17,4	185,3	1,7	0,3	3,6	7,1	8,3	12,5	66,1
3	Biolit 100	0,03	1,33	58,0	0,03	500,1	1027,7	0,5	13,7	560,8	3,4	0,1	2,0	6,4	4,2	1,6	46,4
3	Biolit 200	0,02	3,60	49,2	0,07	222,6	439,6	0,9	133,7	628,4	5,6	0,2	2,4	33,4	3,1	36,1	79,0
3	Lavagruis	0,06	2,09	59,0	0,10	50,1	876,9	0,6	198,4	267,2	2,7	2,0	11,4	485,2	11,9	37,5	32,6
3	Lurgi	0,09	1,32	1,7	0,00	818,8	590,5	0,7	3,1	164,6	0,6	0,1	9,3	108,9	9,2	7,5	63,7
5	Controle	0,11	3,09	121,2	0,05	157,1	256,1	0,2	36,1	300,7	9,5	3,4	33,5	10,1	3,9	30,3	30,6
5	Dolokal	0,06	1,59	86,5	0,27	382,9	389,6	0,6	79,2	551,0	0,4	0,5	14,1	9,7	19,5	4,7	251,8
5	Biolit 100	0,04	1,40	0,8	0,11	134,1	33,9	0,8	98,2	20,3	2,2	2,5	1,5	0,7	18,8	67,1	11,3
5	Biolit 200	0,06	0,16	7,4	0,02	174,0	417,2	0,3	64,5	78,3	14,1	0,2	1,4	3,8	5,3	23,4	3,9
5	Lavagruis	0,01	0,30	12,4	0,10	7,0	114,4	1,4	104,4	205,7	1,9	4,6	17,6	129,0	9,5	111,4	61,0
5	Lurgi	0,04	1,32	60,9	0,01	298,9	358,1	1,0	54,3	29,8	3,4	0,2	7,0	268,9	2,1	31,4	24,0

		Strontiumextractie		Demiwaterextractie														
Tijdstip	Behandeling	BV	CEC	pH H2O	Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4	PO4	Na	K	Cl
		(%)	(meq/kg)	(umol/kg bodem)															
0	Controle	1,3	0,6	0,0	86,5	5,4	3,7	0,6	0,84	0,1	6,5	7,5	0,2	18,8	3,7	0,1	7,1	0,0	0,2
0	Dolokal	3,5	0,5	0,2	18,5	14,2	2,1	1,9	0,02	0,4	3,1	1,8	0,2	0,5	18,9	0,3	36,1	7,3	1,5
0	Biolit 100	1,3	0,9	0,1	8,1	12,6	2,8	1,2	0,02	0,7	4,7	12,4	0,2	4,0	13,2	0,3	16,5	0,6	4,6
0	Biolit 200	2,0	4,3	0,2	89,6	39,6	3,9	4,7	0,18	1,2	7,0	9,8	0,2	15,6	36,8	0,9	34,6	7,9	25,2
0	Lavagruis	10,8	6,0	0,0	19,7	59,1	0,3	7,9	0,12	0,4	4,8	0,6	0,1	12,5	2,5	0,6	12,5	1,1	10,0
0	Lurgi	1,7	0,6	0,0	18,9	1,4	2,6	0,8	0,05	0,5	1,1	1,7	0,3	5,5	6,0	0,3	29,5	0,1	15,0
2	Controle	4,2	2,9	0,0	4,4	3,6	1,6	0,2	0,01	1,3	3,4	3,3	0,0	7,3	1,7	0,8	7,3	10,2	12,2
2	Dolokal	3,9	3,9	0,2	1,4	4,5	0,5	11,0	0,02	0,1	4,2	9,2	0,0	13,6	4,5	0,1	8,0	9,5	3,1
2	Biolit 100	1,2	1,4	0,2	1,9	7,6	1,9	1,2	0,30	0,6	1,8	3,7	0,3	7,0	19,1	0,3	2,3	4,1	11,6
2	Biolit 200	2,6	12,6	0,1	4,0	1,1	1,1	0,9	0,01	3,5	4,6	15,7	0,0	10,0	24,8	2,2	15,9	3,7	1,0
2	Lavagruis	1,9	3,4	0,4	5,0	7,9	0,5	1,8	0,25	4,1	2,2	72,4	1,3	3,6	1,0	3,3	147,4	3,9	367,6
2	Lurgi	4,7	0,3	0,1	6,6	4,2	0,2	0,6	0,21	3,6	1,2	50,0	0,1	8,4	1,7	2,9	8,8	3,7	3,1
3	Controle	3,2	6,5	0,0	1,5	2,1	2,4	0,0	0,03	0,1	2,5	2,1	0,1	17,6	4,2	0,0	13,9	0,1	4,3
3	Dolokal	2,3	1,3	0,3	7,4	8,2	2,6	11,5	0,03	0,1	1,0	2,2	0,6	5,8	11,8	0,1	5,8	1,5	7,7
3	Biolit 100	3,3	1,9	0,0	1,3	2,1	0,0	1,1	0,03	0,1	0,3	2,0	0,1	2,0	10,8	0,0	0,4	0,2	2,1
3	Biolit 200	0,7	0,4	0,1	2,8	0,6	1,0	1,8	0,04	0,4	0,4	27,0	0,1	23,9	22,7	0,4	14,4	10,3	4,1
3	Lavagruis	6,6	2,9	0,0	1,2	3,0	0,0	0,0	0,03	1,0	1,0	78,9	0,0	27,2	6,4	0,5	36,3	1,1	5,8
3	Lurgi	0,0	7,2	0,1	10,5	0,3	3,0	0,0	0,03	0,1	2,1	166,9	0,0	5,7	11,5	0,0	64,6	1,1	11,0
5	Controle	2,2	6,4	0,1	9,5	5,8	1,3	0,4	0,03	4,1	8,4	5,8	2,7	1,7	11,2	2,3	9,1	0,4	0,6
5	Dolokal	22,8	0,4	0,0	7,2	1,4	1,8	29,8	0,03	0,5	6,8	12,7	2,6	3,7	68,6	0,0	49,9	13,7	22,9
5	Biolit 100	4,5	1,2	0,1	5,9	1,5	0,2	17,5	0,12	3,6	1,5	5,2	2,2	42,7	2,9	1,7	21,8	12,5	2,1
5	Biolit 200	2,2	4,1	0,1	24,8	5,5	0,5	9,5	0,08	0,6	0,7	4,2	5,1	64,2	3,4	0,4	27,4	2,4	6,7
5	Lavagruis	3,8	1,5	0,0	0,0	11,0	0,2	11,6	0,08	13,0	12,7	119,6	0,0	116,9	7,0	8,9	131,3	19,3	3,7
5	Lurgi	1,8	2,3	0,0	18,8	8,9	1,6	1,5	0,21	0,2	7,1	254,6	0,9	59,6	8,5	0,0	121,6	18,5	29,9

Bijlage 2.3. Bodemchemische gegevens van de 10-20 cm bodemlaag (bemonstering 2019).

				Zoutextractie												
Behandeling	**MV**	**OS**	**Olsen-P**	**pH-NaCl**	**Al**	**Ca**	**Fe**	**K**	**Mg**	**Mn**	**P**	**S**	**Si**	**Zn**	**NO3**	**NH4**
	(kg/l)	(%)	(umol/kg)	(umol/kg bodem)												
Biolit 100	1,1	4,8	451	3,2	1767	241	5	431	287	1,8	1,3	148	24	43	9	194
Biolit 100	1,1	4,4	318	3,0	2223	492	26	558	460	2,4	1,5	166	34	38	32	47
Biolit 100	1,0	4,5	248	3,0	1074	595	15	328	328	3,0	2,1	145	29	53	16	30
Biolit 100	1,1	7,2	335	3,2	3580	221	9	460	232	1,4	1,5	188	18	44	17	458
Biolit 100	1,1	8,1	482	3,2	3036	186	6	384	596	1,5	1,3	205	26	47	129	377
Biolit 200	1,1	4,2	314	3,1	823	381	3	292	318	1,5	2,9	138	28	32	11	59
Biolit 200	1,0	3,3	214	3,0	1662	514	7	400	274	5,3	2,0	167	42	51	24	51
Biolit 200	1,0	3,0	292	3,0	1665	407	3	299	167	1,9	3,9	153	23	44	15	27
Biolit 200	1,1	7,1	553	3,2	3022	114	9	434	288	1,6	1,9	181	19	46	27	204
Biolit 200	1,1	7,0	344	3,3	2526	107	5	292	123	1,6	0,9	174	27	37	18	124
Controle	1,0	4,4	324	3,2	1911	167	8	408	134	2,4	0,9	162	29	41	20	701
Controle	0,9	6,6	522	3,1	2306	412	12	305	160	6,3	1,8	197	26	35	60	94
Controle	1,0	6,5	355	3,1	1528	480	4	-	242	2,3	1,9	156	25	40	40	414
Controle	1,1	4,9	337	3,3	1772	76	6	316	100	0,9	1,7	168	26	25	44	141
Controle	1,0	6,8	705	3,3	3228	198	15	455	188	2,4	1,3	215	21	33	60	345
Dolokal	1,1	3,3	273	3,3	1475	336	4	301	445	2,0	1,5	148	53	28	28	222
Dolokal	1,1	2,2	194	3,2	1202	530	5	314	530	1,8	1,6	155	32	30	19	18
Dolokal	1,0	4,9	391	3,2	2234	542	8	291	818	2,0	1,2	182	30	31	21	57
Dolokal	1,2	4,5	333	3,3	1908	110	6	405	308	1,9	1,4	169	30	36	30	289
Dolokal	1,1	6,2	491	3,2	3334	204	27	470	808	1,8	0,9	183	30	48	54	479
Lavagruis	1,0	3,3	209	3,3	1065	150	11	463	75	1,9	1,1	166	57	26	50	566
Lavagruis	1,0	5,9	245	3,0	1765	546	8	570	169	3,6	1,9	162	36	64	15	98
Lavagruis	0,9	6,2	461	3,2	2469	548	8	490	173	5,0	3,4	177	47	42	53	265
Lavagruis	1,2	4,9	366	3,3	1534	91	5	601	96	1,4	1,1	172	33	29	40	220
Lavagruis	1,1	7,0	571	3,1	1700	41	4	481	155	1,0	1,4	180	62	32	199	502
Soilfeed	0,9	4,5	410	3,3	1801	276	6	540	111	2,7	1,4	154	60	39	104	503
Soilfeed	1,0	5,1	396	3,1	1888	543	7	388	187	2,5	1,9	171	45	55	40	83
Soilfeed	1,0	5,2	325	3,1	1600	541	7	467	149	3,2	1,3	159	51	45	55	137
Soilfeed	1,1	4,4	565	3,2	2674	139	6	420	98	1,2	1,2	165	29	36	19	173
Soilfeed	1,2	6,2	757	3,3	2850	73	10	422	144	2,0	2,1	174	36	32	33	194

	Strontiumextractie		*Demiwaterextractie*														
Behandeling	**BV**	**CEC**	**pH H2O**	**Al**	**Ca**	**Fe**	**Mg**	**Mn**	**P**	**S**	**Si**	**Zn**	**NO3**	**NH4**	**PO4**	**Na**	**K**	**Cl**
	(%)	(meq/kg)	(umol/kg bodem)														
Biolit 100	5,7	46,1	4,2	91	29	15	16	0,16	1,4	24	26	10	12	89	0,8	82	76	132
Biolit 100	7,1	48,0	4,0	69	51	24	18	1,70	12,6	20	31	5	33	23	9,1	48	82	103
Biolit 100	9,3	40,3	3,8	52	40	6	27	0,05	8,2	18	30	4	19	20	5,9	50	30	89
Biolit 100	2,9	60,6	4,0	112	12	13	15	0,01	0,7	32	15	5	8	128	0,3	75	47	101
Biolit 100	2,8	62,6	4,0	102	8	13	30	0,01	0,8	39	22	1	124	198	0,4	14	39	89
Biolit 200	9,6	26,0	3,9	44	9	6	10	0,10	3,3	10	26	2	11	40	1,4	21	28	89
Biolit 200	5,0	50,8	3,9	62	18	6	15	0,04	2,2	18	42	4	26	28	1,1	21	42	85
Biolit 200	5,0	56,8	4,0	49	38	16	14	1,16	10,1	17	28	4	15	15	6,7	13	23	85
Biolit 200	2,2	56,1	4,0	103	11	14	18	0,06	0,7	29	19	5	27	127	0,3	41	44	89
Biolit 200	1,5	45,5	4,1	59	7	6	17	0,03	1,1	12	20	0	10	50	0,5	42	23	83
Controle	4,1	45,1	4,3	77	17	15	10	0,00	1,2	20	24	4	16	193	0,7	37	29	124
Controle	4,4	43,4	3,8	95	33	13	23	0,44	1,5	33	27	5	67	50	0,8	39	27	122
Controle	7,5	51,0	4,0	59	18	8	11	0,02	4,3	14	27	6	38	83	2,4	34	107	111
Controle	2,5	35,2	3,9	43	59	3	19	0,00	1,1	16	19	14	43	83	0,8	6	24	71
Controle	2,4	54,0	3,8	121	15	19	28	0,12	0,5	72	17	1	61	185	0,4	12	59	91
Dolokal	10,0	25,6	4,1	46	56	4	20	0,05	1,7	18	50	11	22	70	0,7	74	32	98
Dolokal	16,1	28,9	4,1	44	12	7	21	0,00	3,8	8	28	2	19	9	2,1	20	23	83
Dolokal	9,2	47,5	3,0	92	20	14	28	0,07	1,0	46	33	5	27	22	0,5	161	86	108
Dolokal	3,1	39,1	4,2	61	9	7	10	0,00	0,8	13	24	3	23	128	0,5	15	29	89
Dolokal	3,2	74,5	4,0	124	23	20	40	0,47	3,6	46	27	1	50	207	1,6	78	56	119
Lavagruis	4,2	31,9	4,8	95	18	23	11	0,03	1,4	43	56	3	51	247	1,1	163	68	176
Lavagruis	5,0	51,0	4,0	62	13	12	10	0,00	2,7	19	29	3	10	25	1,2	115	38	99
Lavagruis	5,5	66,0	4,0	84	9	15	11	0,00	1,2	28	41	2	46	92	1,1	162	41	116
Lavagruis	1,9	44,7	4,4	62	12	7	17	0,01	2,4	19	32	0	41	91	1,3	98	27	90
Lavagruis	4,7	42,4	4,2	49	16	8	18	0,08	5,0	26	67	0	214	154	3,1	207	28	92
Soilfeed	4,9	49,1	4,1	263	12	10	12	0,09	1,3	40	66	3	124	303	0,6	274	161	198
Soilfeed	6,9	32,3	4,0	98	19	10	14	0,03	3,0	20	46	4	40	44	1,4	92	44	107
Soilfeed	7,1	46,9	4,0	66	47	14	16	0,00	1,3	22	46	13	59	47	0,9	121	60	111
Soilfeed	1,8	61,7	4,1	109	15	23	17	0,11	5,2	22	29	1	15	59	4,6	189	30	106
Soilfeed	1,5	60,7	4,2	99	19	15	17	0,04	1,7	30	41	0	58	90	0,7	163	52	119

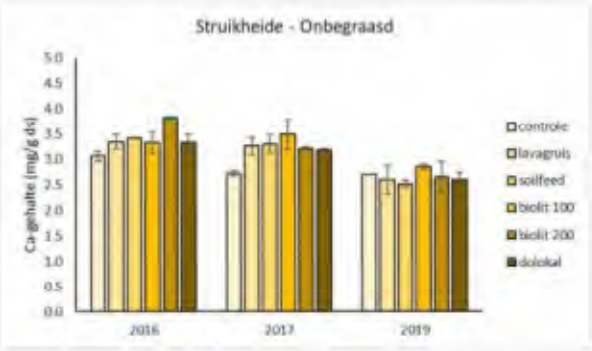
Bijlage 2.4. Beschikbare Fe-, Mn- en Zn-concentratie in µmol/kg bodem in de bovenste 10 cm van de bodem van de begraasde proefvlakken per behandeling voor de nulmeting (2014), het tweede (2016), het derde (2017) en vijfde effectjaar (2019). Vetgedrukt = significant (p<0,05) verschil t.o.v. de controle n=3.

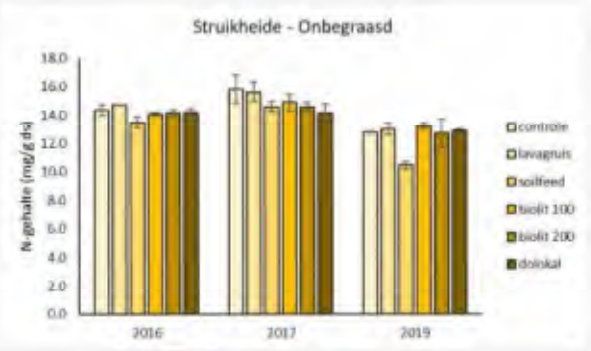
		Fe		Mn		Zn	
		Gem	St. fout	Gem	St. fout	Gem	St. fout
2014	Controle	4.1	*0.41*	4.7	*0.23*	57	*19.34*
	Lavagruis	9.4	*4.03*	4.5	*0.40*	57	*13.50*
	Soilfeed	8.0	*3.66*	9.5	*2.73*	90	*22.50*
	Biolit 100	6.7	*0.79*	4.2	*0.62*	45	*2.10*
	Biolit 200	12.3	*4.85*	8.9	*3.65*	74	*19.14*
	Dolokal	4.1	*0.33*	5.8	*1.08*	66	*14.90*
2016	Controle	6.6	*1.52*	15.4	*0.43*	97	*12.93*
	Lavagruis	4.4	*1.01*	15.5	*2.07*	**44**	*2.88*
	Soilfeed	10.1	*5.70*	17.7	*5.13*	77	*16.19*
	Biolit 100	3.8	*0.86*	**45.2**	*14.26*	66	*13.12*
	Biolit 200	5.1	*1.46*	**40.8**	*8.95*	62	*12.75*
	Dolokal	3.9	*0.91*	12.9	*2.00*	**31**	*9.11*
2017	Controle	7.3	*2.61*	14.9	*1.48*	54	*5.14*
	Lavagruis	4.4	*1.06*	11.2	*4.77*	73	*14.99*
	Soilfeed	**3.0**	*0.54*	**7.4**	*1.33*	51	*9.36*
	Biolit 100	**3.3**	*0.64*	19.7	*5.09*	**36**	*2.34*
	Biolit 200	4.1	*1.38*	12.2	*2.21*	51	*9.07*
	Dolokal	3.4	*0.56*	14.6	*1.46*	**24**	*0.56*
2019	Controle	3.6	*0.16*	26.4	*4.34*	52	*7.00*
	Lavagruis	**7.0**	*1.53*	29.8	*14.51*	75	*22.72*
	Soilfeed	**7.9**	*2.32*	32.7	*4.49*	**88**	*19.87*
	Biolit 100	**8.7**	*0.93*	35.4	*13.38*	54	*14.08*
	Biolit 200	6.2	*0.66*	29.0	*2.51*	67	*11.28*
	Dolokal	6.5	*0.03*	**8.1**	*1.69*	**15**	*6.54*

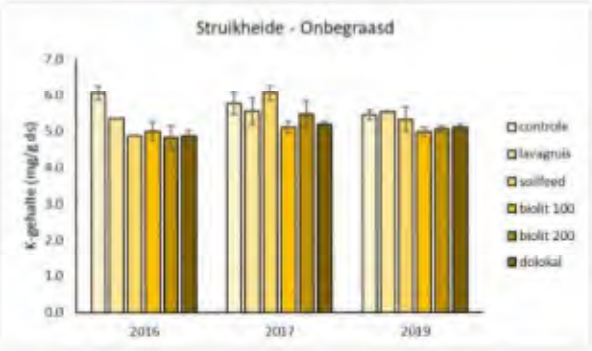
60244 0033

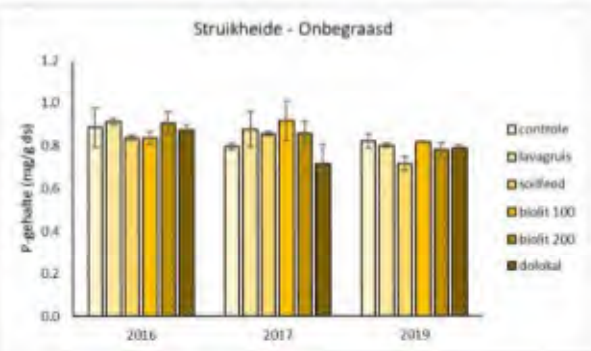
Bijlage 3 Plantchemie

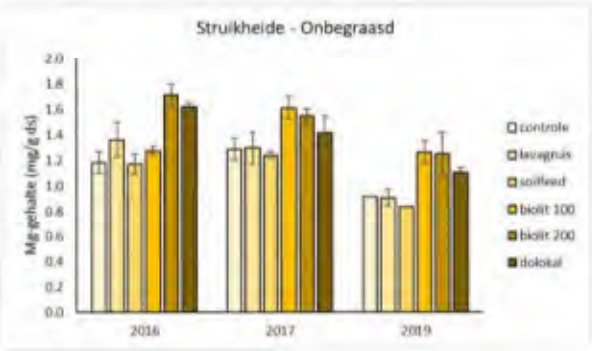
Bijlage 3.1 Figuren van het Ca-, K-, Mg-, N- en P-gehalte en N/P-ratio in het plantmateriaal van Struikhei in de onbegraasde proefvelden.

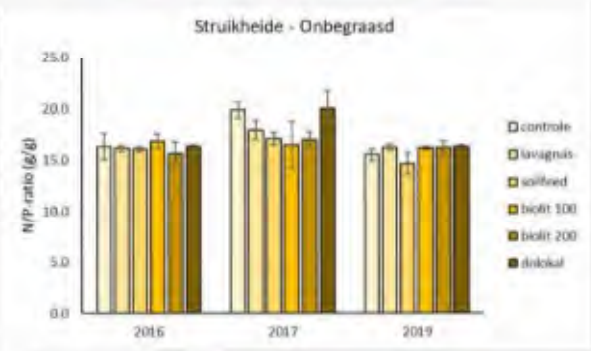




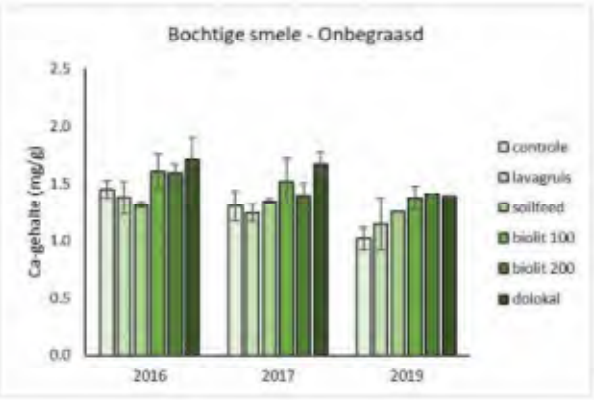


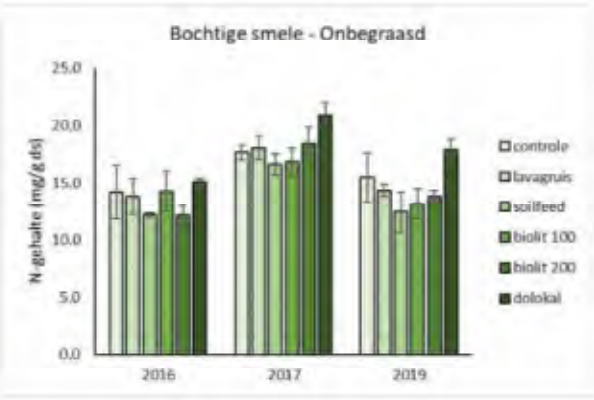


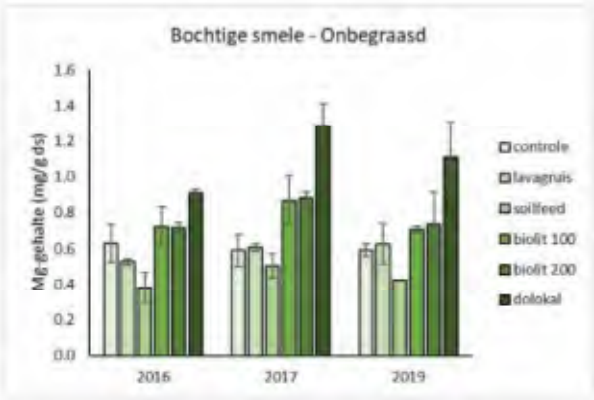


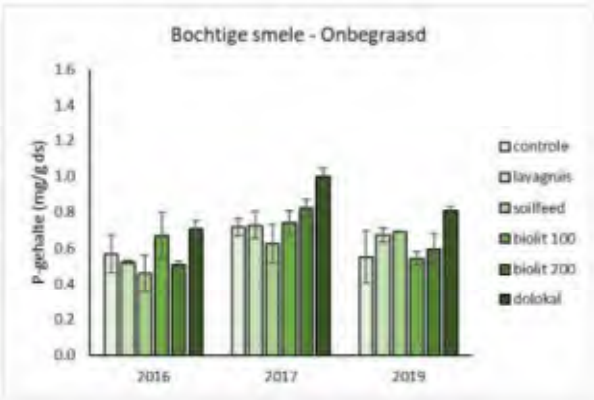


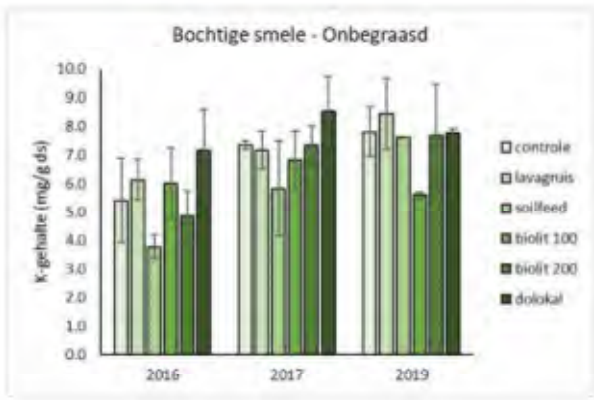
Bijlage 3.2 Figuren van het Ca-, K-, Mg-, N- en P-gehalte en N/P-ratio in het plantmateriaal van Bochtige smele in de onbegraasde proefvelden.

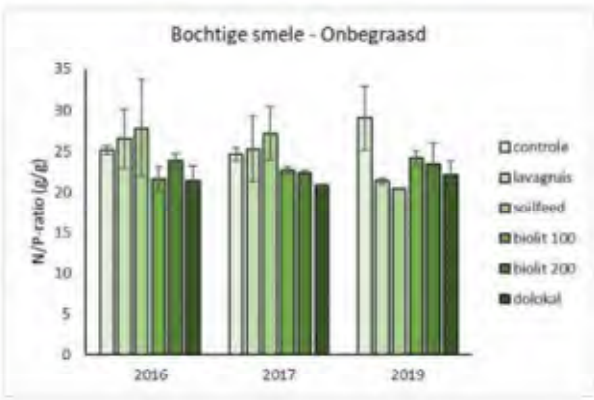












Bijlage 3.3 Gegevens plantchemie begraasde proefvelden in mg/g, C/N en N/P-ratio in g/g.

	Struikheide	N		C		Al		Ca		Fe		K		Mg		Mn	
		GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR
2016	Controle	15,4	0,61	502,5	2,67	0,04	0,003	4,02	0,26	0,07	0,009	5,93	0,26	1,29	0,09	0,18	0,025
2017	Controle	16,0	0,67	489,5	1,90	0,05	0,008	4,02	0,05	0,07	0,014	5,86	0,29	1,37	0,06	0,15	0,005
2019	Controle	15,0	0,18	484,3	3,30	0,03	0,004	3,34	0,22	0,05	0,004	5,35	0,10	1,15	0,01	0,19	0,023
2016	Lavagruis	15,3	0,15	502,5	2,47	0,05	0,005	3,80	0,15	0,08	0,010	5,88	0,04	1,31	0,09	0,14	0,014
2017	Lavagruis	14,6	0,32	486,9	2,03	0,04	0,001	3,89	0,39	0,08	0,017	5,97	0,26	1,34	0,14	0,11	0,012
2019	Lavagruis	13,4	0,44	485,8	1,50	0,04	0,003	3,05	0,18	0,05	0,006	5,40	0,15	1,11	0,01	0,14	0,010
2016	Lurgi	14,3	0,39	500,9	2,36	0,04	0,001	3,48	0,23	0,06	0,004	5,86	0,30	1,20	0,05	0,15	0,019
2017	Lurgi	15,5	0,65	486,9	1,80	0,03	0,005	4,32	0,28	0,05	0,003	6,11	0,25	1,32	0,06	0,11	0,005
2019	Lurgi	13,4	0,41	490,5	2,05	0,03	0,002	3,75	0,26	0,05	0,004	5,79	0,07	1,19	0,08	0,14	0,013
2016	Biolit 100	16,0	0,41	505,3	3,78	0,04	0,001	3,60	0,15	0,10	0,011	5,77	0,14	1,44	0,13	0,13	0,003
2017	Biolit 100	16,0	0,25	485,5	2,10	0,04	0,006	3,60	0,06	0,06	0,002	5,43	0,18	1,53	0,06	0,12	0,009
2019	Biolit 100	12,7	0,67	487,8	0,56	0,03	0,002	3,30	0,18	0,05	0,001	5,36	0,47	1,40	0,06	0,15	0,012
2016	Biolit 200	15,0	0,21	501,4	3,56	0,04	0,002	3,62	0,26	0,07	0,008	5,64	0,03	1,53	0,11	0,18	0,045
2017	Biolit 200	15,2	0,70	488,1	3,06	0,03	0,003	3,90	0,05	0,05	0,001	5,62	0,16	1,60	0,01	0,15	0,042
2019	Biolit 200	12,5	0,21	487,5	6,68	0,04	0,005	3,01	0,26	0,06	0,004	4,69	0,18	1,34	0,10	0,14	0,024
2016	Dolokal	15,0	0,96	498,6	1,74	0,04	0,004	3,55	0,26	0,07	0,011	5,32	0,24	1,49	0,12	0,09	0,005
2017	Dolokal	15,0	0,26	491,1	3,07	0,03	0,001	4,21	0,45	0,06	0,003	5,47	0,36	1,76	0,11	0,09	0,030
2019	Dolokal	13,1	0,34	489,0	2,23	0,03	0,004	3,64	0,37	0,05	0,005	4,84	0,11	1,64	0,23	0,09	0,015

	Struikheide	Ni		P		S		Si		Zn		C/N		N/P	
		GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR
2016	Controle	0,006	0,001	0,88	0,04	1,33	0,04	0,34	0,03	0,03	0,002	32,8	1,34	17,6	0,64
2017	Controle	0,001	0,000	0,87	0,03	1,19	0,04	0,40	0,01	0,04	0,002	30,7	1,28	18,5	0,86
2019	Controle	0,001	0,000	0,84	0,04	1,12	0,04	0,40	0,06	0,03	0,003	32,4	0,42	17,9	0,79
2016	Lavagruis	0,004	0,001	0,92	0,04	1,42	0,03	0,29	0,03	0,03	0,003	32,9	0,37	16,7	0,69
2017	Lavagruis	0,001	0,000	0,88	0,07	1,21	0,04	0,44	0,02	0,04	0,005	33,3	0,71	16,7	0,99
2019	Lavagruis	0,001	0,000	0,83	0,04	1,07	0,03	0,44	0,01	0,03	0,003	36,4	1,27	16,2	0,93
2016	Lurgi	0,005	0,002	0,85	0,03	1,38	0,06	0,40	0,03	0,03	0,002	35,1	0,99	16,9	0,24
2017	Lurgi	0,009	0,007	0,94	0,01	1,26	0,04	0,45	0,02	0,04	0,002	31,6	1,50	16,4	0,57
2019	Lurgi	0,011	0,010	0,93	0,01	1,14	0,03	0,39	0,04	0,03	0,004	36,6	1,04	14,4	0,24
2016	Biolit 100	0,004	0,000	0,93	0,03	1,45	0,01	0,33	0,02	0,03	0,001	31,6	0,97	17,3	0,12
2017	Biolit 100	0,001	0,000	0,90	0,07	1,22	0,05	0,43	0,02	0,03	0,002	30,4	0,55	18,0	1,03
2019	Biolit 100	0,001	0,000	0,88	0,05	1,13	0,06	0,43	0,01	0,03	0,001	38,6	1,99	14,5	0,74
2016	Biolit 200	0,005	0,002	0,96	0,03	1,44	0,01	0,29	0,02	0,03	0,001	33,4	0,43	15,7	0,60
2017	Biolit 200	0,001	0,000	1,02	0,05	1,25	0,03	0,42	0,03	0,03	0,006	32,2	1,34	15,1	1,27
2019	Biolit 200	0,001	0,000	0,84	0,01	1,06	0,03	0,37	0,05	0,03	0,002	39,0	0,88	14,9	0,33
2016	Dolokal	0,003	0,000	0,94	0,05	1,41	0,04	0,34	0,03	0,03	0,001	33,5	1,97	16,1	0,95
2017	Dolokal	0,001	0,000	0,98	0,05	1,23	0,05	0,44	0,01	0,04	0,004	32,8	0,41	15,4	0,99
2019	Dolokal	0,001	0,000	0,89	0,03	1,10	0,03	0,39	0,05	0,03	0,004	37,5	0,85	14,7	0,29

	Bochtige smele	N		C		Al		Ca		Fe		K		Mg		Mn	
		GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR
2016	Controle	18,6	3,26	464,0	2,78	0,11	0,010	1,74	0,07	0,27	0,077	7,76	1,08	0,85	0,12	0,33	0,064
2017	Controle	21,3	0,75	453,3	1,92	0,09	0,025	1,40	0,03	0,07	0,006	9,05	0,42	0,79	0,01	0,14	0,030
2019	Controle	14,3	0,42	444,5	1,15	0,04	0,007	1,18	0,04	0,07	0,006	8,26	0,78	0,60	0,08	0,25	0,037
2016	Lavagruis	18,4	3,17	452,7	2,99	0,15	0,054	1,69	0,16	0,41	0,249	8,63	0,54	0,78	0,06	0,16	0,040
2017	Lavagruis	22,7	1,56	449,8	2,54	0,12	0,015	1,54	0,08	0,07	0,007	7,66	0,40	0,73	0,02	0,18	0,011
2019	Lavagruis	16,3	0,63	445,4	0,20	0,05	0,004	1,33	0,07	0,08	0,005	8,51	0,48	0,66	0,05	0,16	0,018
2016	Lurgi	16,6	0,87	454,8	3,71	0,12	0,005	1,60	0,01	0,23	0,061	7,28	0,74	0,65	0,09	0,20	0,009
2017	Lurgi	22,3	0,32	452,3	1,78	0,13	0,019	1,39	0,06	0,07	0,010	8,32	0,27	0,62	0,08	0,18	0,047
2019	Lurgi	14,3	1,00	442,0	2,11	0,05	0,009	1,38	0,05	0,08	0,007	8,12	0,71	0,56	0,02	0,20	0,031
2016	Biolit 100	18,0	0,18	440,1	18,4	0,13	0,011	1,96	0,12	0,28	0,072	8,57	0,34	0,95	0,06	0,34	0,077
2017	Biolit 100	23,4	0,67	451,6	1,66	0,15	0,041	1,88	0,07	0,09	0,003	8,36	0,74	1,03	0,10	0,22	0,026
2019	Biolit 100	14,9	0,72	446,9	1,80	0,07	0,014	1,55	0,06	0,14	0,028	8,66	0,34	0,73	0,09	0,19	0,019
2016	Biolit 200	16,5	0,55	459,8	1,36	0,11	0,010	1,72	0,08	0,22	0,018	7,78	0,25	0,88	0,03	0,21	0,008
2017	Biolit 200	20,3	1,74	453,8	3,13	0,12	0,022	1,84	0,12	0,07	0,005	7,76	0,21	1,00	0,07	0,26	0,049
2019	Biolit 200	14,7	0,22	444,8	1,04	0,05	0,003	1,71	0,05	0,08	0,003	7,23	0,44	0,96	0,12	0,25	0,037
2016	Dolokal	18,8	1,58	453,7	1,92	0,11	0,011	1,94	0,09	0,31	0,098	8,42	1,04	1,15	0,14	0,21	0,079
2017	Dolokal	20,6	0,73	451,4	4,89	0,14	0,014	1,95	0,10	0,08	0,004	8,01	0,05	1,38	0,06	0,08	0,009
2019	Dolokal	15,1	1,36	447,2	0,75	0,04	0,007	1,62	0,11	0,08	0,012	7,83	0,16	1,02	0,07	0,14	0,011

	Bochtige smele	Ni		P		S		Si		Zn		C/N		N/P	
		GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR
2016	Controle	0,035	0,007	1,28	0,31	1,29	0,15	0,64	0,05	0,08	0,019	26,5	4,34	16,7	4,87
2017	Controle	0,001	0,000	1,10	0,06	1,19	0,09	0,48	0,01	0,06	0,010	21,3	0,66	19,5	1,60
2019	Controle	0,002	0,000	0,65	0,11	0,91	0,04	0,44	0,05	0,04	0,002	31,1	1,01	23,7	4,78
2016	Lavagruis	0,045	0,019	1,22	0,08	1,53	0,29	0,89	0,06	0,05	0,010	25,9	3,94	15,1	2,16
2017	Lavagruis	0,001	0,000	0,90	0,03	1,32	0,08	0,63	0,02	0,05	0,003	20,0	1,46	25,5	2,46
2019	Lavagruis	0,019	0,011	0,67	0,04	1,03	0,04	0,44	0,02	0,05	0,010	27,4	1,09	24,7	2,38
2016	Lurgi	0,025	0,007	0,78	0,08	1,27	0,18	0,85	0,05	0,06	0,007	27,5	1,66	21,6	2,08
2017	Lurgi	0,001	0,000	0,88	0,03	1,32	0,06	0,63	0,04	0,06	0,002	20,3	0,36	25,3	0,99
2019	Lurgi	0,007	0,005	0,59	0,10	0,95	0,05	0,46	0,07	0,05	0,002	31,2	1,91	25,0	2,21
2016	Biolit 100	0,028	0,009	1,15	0,10	1,54	0,18	0,92	0,07	0,07	0,012	24,4	1,18	15,9	1,29
2017	Biolit 100	0,001	0,000	1,06	0,12	1,44	0,04	0,56	0,04	0,07	0,002	19,3	0,54	22,5	2,36
2019	Biolit 100	0,045	0,042	0,75	0,06	1,06	0,07	0,46	0,01	0,05	0,006	30,1	1,50	20,2	1,91
2016	Biolit 200	0,016	0,000	1,14	0,05	1,41	0,05	0,78	0,03	0,05	0,006	27,9	0,95	14,5	0,65
2017	Biolit 200	0,002	0,000	1,03	0,03	1,28	0,10	0,57	0,02	0,06	0,013	22,7	2,12	19,9	1,99
2019	Biolit 200	0,001	0,000	0,64	0,08	1,02	0,04	0,39	0,05	0,05	0,006	30,2	0,51	23,9	3,49
2016	Dolokal	0,040	0,007	1,11	0,19	1,46	0,09	0,91	0,02	0,08	0,008	24,6	2,34	17,5	1,87
2017	Dolokal	0,001	0,000	1,02	0,06	1,34	0,05	0,60	0,01	0,07	0,007	22,0	0,88	20,2	1,01
2019	Dolokal	0,004	0,003	0,78	0,05	1,09	0,11	0,44	0,03	0,05	0,002	30,0	2,50	19,7	2,54

Bijlage 3.4 Gegevens plantchemie onbegraasde proefvelden in mg/g, C/N en N/P-ratio in g/g.

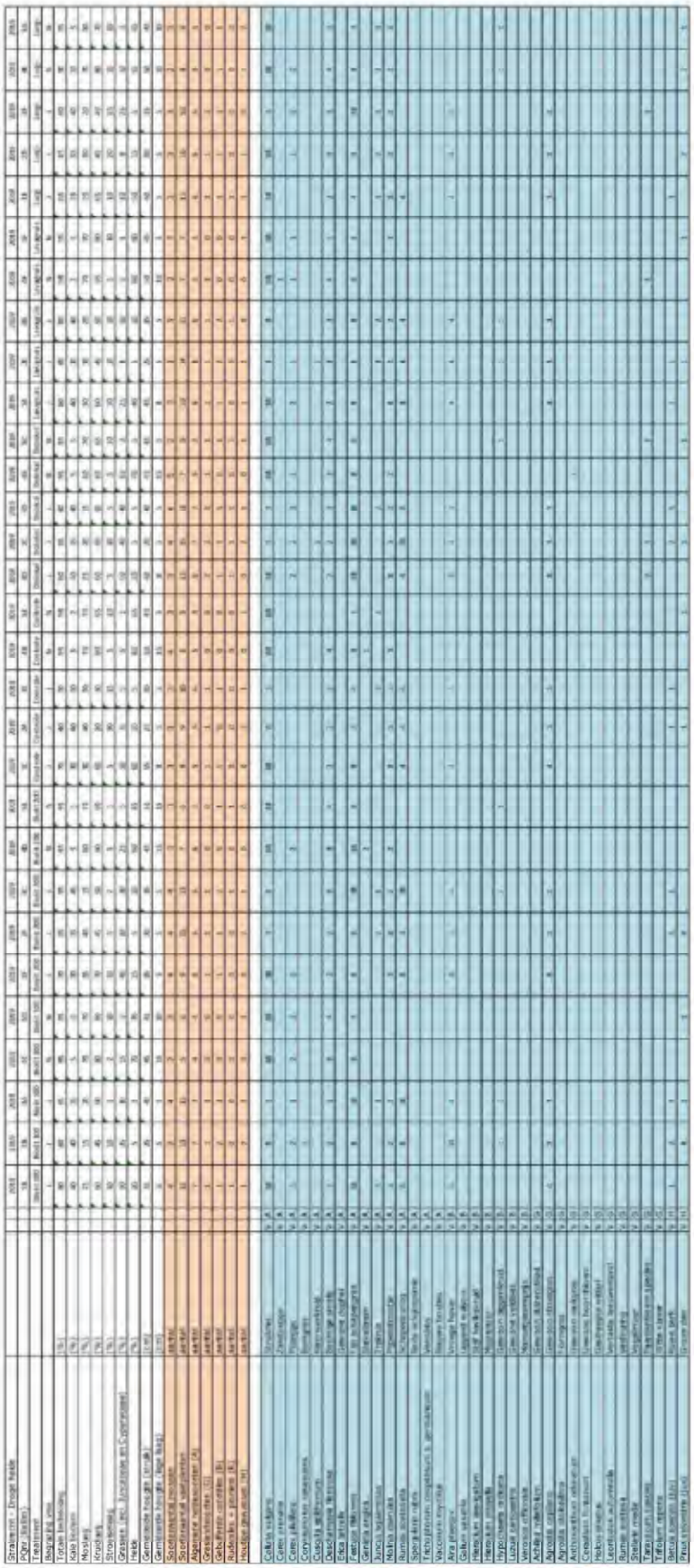
	Struikheide	N		C		Al		Ca		Fe		K		Mg		Mn	
		GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR
2016	Controle	14,3	0,37	506,1	0,37	0,03	0,003	3,07	0,10	0,06	0,002	6,06	0,21	1,18	0,09	0,09	0,009
2017	Controle	15,8	0,96	493,4	7,22	0,03	0,003	2,73	0,06	0,05	0,004	5,75	0,30	1,29	0,09	0,10	0,001
2019	Controle	12,8	0,05	496,1	0,20	0,04	0,007	2,71	0,01	0,05	0,002	5,43	0,12	0,92	0,00	0,09	0,004
2016	Lavagruis	14,7	0,01	507,8	5,31	0,10	0,066	3,35	0,14	0,10	0,025	5,34	0,01	1,36	0,14	0,08	0,004
2017	Lavagruis	15,6	0,68	496,5	4,06	0,03	0,001	3,27	0,18	0,06	0,016	5,54	0,36	1,30	0,12	0,06	0,001
2019	Lavagruis	13,0	0,40	494,7	2,40	0,03	0,002	2,60	0,28	0,05	0,006	5,51	0,03	0,91	0,06	0,07	0,000
2016	Lurgi	13,5	0,39	517,3	11,78	0,03	0,003	3,42	0,02	0,08	0,013	4,87	0,01	1,17	0,08	0,06	0,006
2017	Lurgi	14,6	0,36	495,7	0,15	0,05	0,012	3,30	0,18	0,06	0,007	6,05	0,22	1,24	0,03	0,07	0,002
2019	Lurgi	10,5	0,25	455,9	30,05	0,03	0,002	2,51	0,07	0,04	0,005	5,30	0,33	0,84	0,00	0,06	0,002
2016	Biolit 100	14,1	0,10	508,6	1,47	0,03	0,000	3,33	0,22	0,07	0,013	5,00	0,24	1,28	0,03	0,08	0,002
2017	Biolit 100	14,9	0,58	496,0	2,01	0,03	0,004	3,49	0,30	0,04	0,002	5,09	0,16	1,61	0,09	0,07	0,008
2019	Biolit 100	13,2	0,20	494,7	4,15	0,03	0,001	2,85	0,05	0,04	0,004	4,96	0,13	1,27	0,09	0,07	0,013
2016	Biolit 200	14,1	0,22	508,7	1,81	0,04	0,004	3,82	0,02	0,09	0,036	4,82	0,31	1,72	0,09	0,08	0,005
2017	Biolit 200	14,5	0,33	495,2	2,11	0,03	0,002	3,21	0,02	0,05	0,003	5,46	0,35	1,55	0,06	0,07	0,007
2019	Biolit 200	12,7	1,00	488,3	0,05	0,03	0,001	2,64	0,30	0,05	0,002	5,04	0,08	1,25	0,17	0,07	0,001
2016	Dolokal	14,2	0,25	507,1	1,47	0,02	0,004	3,33	0,16	0,07	0,006	4,86	0,14	1,62	0,03	0,06	0,008
2017	Dolokal	14,2	0,65	499,8	4,41	0,04	0,006	3,18	0,03	0,06	0,004	5,18	0,08	1,42	0,13	0,04	0,006
2019	Dolokal	12,9	0,15	489,1	4,20	0,03	0,004	2,61	0,14	0,05	0,005	5,10	0,09	1,11	0,04	0,05	0,007

	Struikheide	Ni		P		S		Si		Zn		C/N		N/P	
		GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR
2016	Controle	0,003	0,000	0,89	0,09	1,24	0,09	0,33	0,01	0,03	0,000	35,3	0,89	16,3	1,28
2017	Controle	0,001	0,000	0,80	0,02	1,11	0,01	0,46	0,06	0,03	0,002	31,3	1,44	19,9	0,80
2019	Controle	0,001	0,000	0,82	0,03	1,10	0,01	0,31	0,03	0,03	0,003	38,9	0,14	15,6	0,57
2016	Lavagruis	0,004	0,001	0,91	0,01	1,31	0,01	0,52	0,14	0,03	0,001	34,4	0,34	16,2	0,27
2017	Lavagruis	0,001	0,000	0,88	0,08	1,15	0,09	0,55	0,02	0,03	0,001	31,8	1,63	17,9	0,95
2019	Lavagruis	0,001	0,000	0,80	0,01	1,04	0,01	0,37	0,02	0,03	0,002	38,1	0,99	16,2	0,30
2016	Lurgi	0,003	0,000	0,84	0,01	1,13	0,07	0,38	0,02	0,03	0,000	38,4	0,23	16,1	0,27
2017	Lurgi	0,001	0,000	0,86	0,01	1,16	0,02	0,60	0,00	0,03	0,001	34,0	0,83	17,1	0,61
2019	Lurgi	0,001	0,000	0,71	0,03	0,97	0,02	0,36	0,01	0,03	0,002	43,7	3,92	14,7	1,03
2016	Biolit 100	0,007	0,004	0,84	0,03	1,24	0,01	0,35	0,00	0,03	0,001	36,1	0,36	16,9	0,70
2017	Biolit 100	0,001	0,000	0,91	0,09	1,13	0,04	0,45	0,02	0,03	0,000	33,4	1,18	16,5	2,30
2019	Biolit 100	0,002	0,001	0,82	0,00	1,03	0,01	0,30	0,02	0,03	0,004	37,5	0,25	16,2	0,16
2016	Biolit 200	0,003	0,000	0,91	0,05	1,31	0,01	0,37	0,03	0,03	0,000	36,0	0,44	15,7	1,14
2017	Biolit 200	0,001	0,000	0,86	0,05	1,15	0,06	0,51	0,03	0,03	0,005	34,1	0,63	17,0	0,70
2019	Biolit 200	0,001	0,000	0,78	0,03	1,03	0,03	0,34	0,01	0,03	0,000	38,7	3,05	16,3	0,58
2016	Dolokal	0,003	0,000	0,87	0,03	1,30	0,00	0,34	0,03	0,02	0,002	35,7	0,73	16,3	0,19
2017	Dolokal	0,001	0,000	0,71	0,09	1,10	0,06	0,45	0,03	0,02	0,001	35,4	1,93	20,0	1,69
2019	Dolokal	0,002	0,001	0,79	0,02	1,02	0,04	0,31	0,01	0,02	0,002	38,1	0,12	16,3	0,14

	Bochtige smele	N		C		Al		Ca		Fe		K		Mg		Mn	
		GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR
2016	Controle	14,2	2,35	467,2	0,75	0,11	0,001	1,45	0,07	0,15	0,035	5,41	1,48	0,63	0,11	0,10	0,000
2017	Controle	17,6	0,63	456,8	1,63	0,05	0,007	1,30	0,13	0,06	0,010	7,37	0,16	0,59	0,09	0,07	0,017
2019	Controle	15,5	2,15	445,9	5,00	0,03	0,006	1,01	0,10	0,06	0,011	7,83	0,85	0,59	0,04	0,11	0,026
2016	Lavagruis	13,8	1,58	460,3	2,69	0,13	0,004	1,38	0,14	0,17	0,008	6,16	0,70	0,53	0,02	0,07	0,008
2017	Lavagruis	18,1	1,03	456,3	0,10	0,07	0,017	1,24	0,08	0,06	0,004	7,18	0,65	0,60	0,02	0,06	0,001
2019	Lavagruis	14,4	0,55	444,1	2,10	0,03	0,000	1,15	0,23	0,06	0,004	8,46	1,25	0,63	0,11	0,09	0,034
2016	Lurgi	12,2	0,22	462,6	0,80	0,13	0,015	1,31	0,02	0,15	0,026	3,78	0,41	0,38	0,09	0,06	0,005
2017	Lurgi	16,6	0,89	455,0	0,88	0,07	0,016	1,34	0,02	0,06	0,004	5,83	1,66	0,50	0,07	0,05	0,001
2019	Lurgi	12,4	1,80	458,6	8,70	0,08		1,25		0,11		7,62		0,43		0,06	
2016	Biolit 100	14,3	1,77	464,2	3,7	0,09	0,009	1,60	0,16	0,18	0,023	6,03	1,24	0,72	0,11	0,11	0,010
2017	Biolit 100	16,8	1,21	455,4	3,86	0,06	0,010	1,51	0,21	0,06	0,002	6,83	1,03	0,87	0,14	0,08	0,013
2019	Biolit 100	13,2	1,35	445,9	3,85	0,03	0,004	1,38	0,11	0,07	0,009	5,61	0,10	0,71	0,02	0,11	0,014
2016	Biolit 200	12,1	0,86	467,1	4,06	0,15	0,023	1,59	0,08	0,32	0,070	4,88	0,91	0,72	0,03	0,10	0,005
2017	Biolit 200	18,5	1,37	454,2	2,83	0,07	0,008	1,39	0,11	0,06	0,001	7,34	0,69	0,88	0,03	0,08	0,007
2019	Biolit 200	13,8	0,50	447,8	2,65	0,04	0,008	1,41	0,00	0,07	0,010	7,69	1,79	0,74	0,18	0,16	0,038
2016	Dolokal	15,1	0,32	459,2	0,85	0,08	0,040	1,72	0,19	0,15	0,017	7,17	1,44	0,91	0,02	0,06	0,012
2017	Dolokal	20,9	1,14	454,1	4,80	0,06	0,035	1,67	0,11	0,07	0,003	8,53	1,23	1,28	0,13	0,05	0,012
2019	Dolokal	17,9	0,90	451,3	2,30	0,03	0,002	1,39	0,01	0,08	0,010	7,79	0,14	1,11	0,20	0,08	0,001

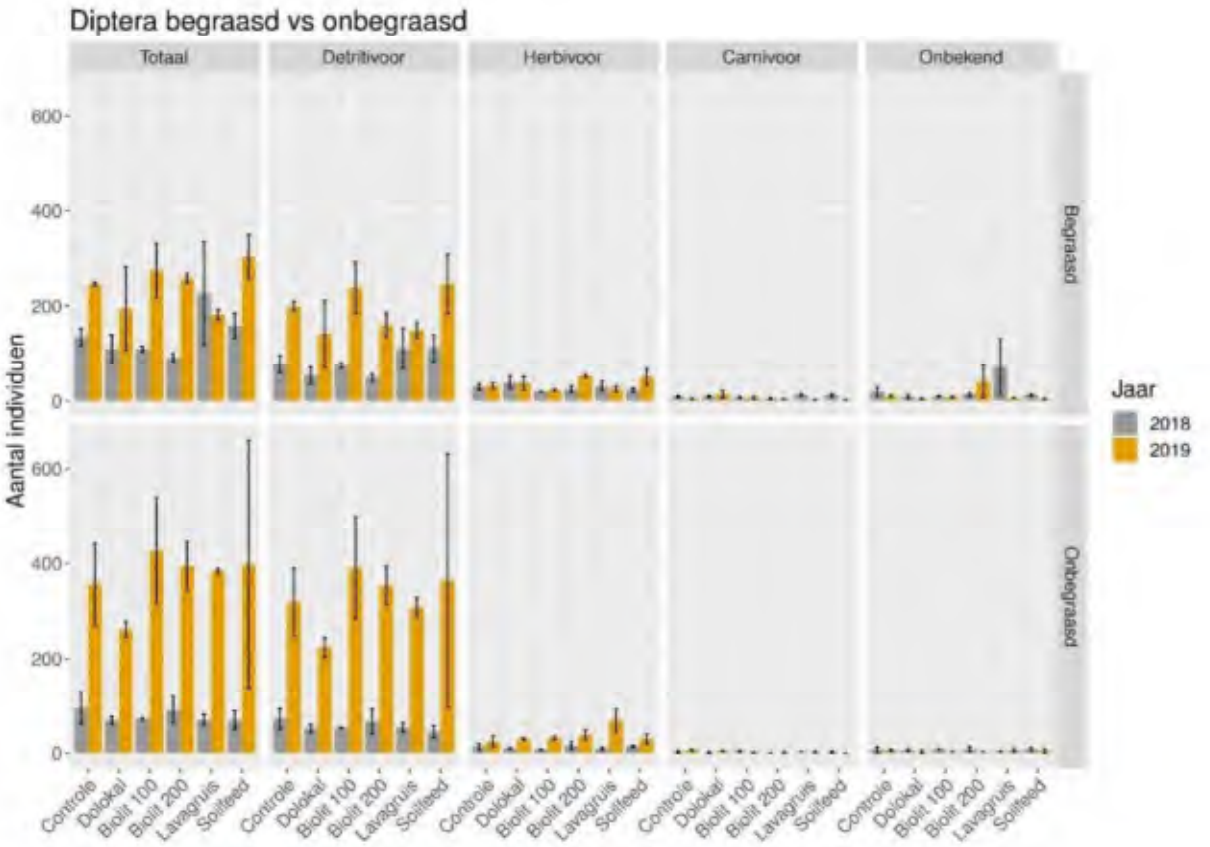
	Bochtige smele	Ni		P		S		Si		Zn		C/N		N/P	
		GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR	GEM	ST.ERR
2016	Controle	0,019	0,001	0,57	0,10	1,08	0,16	0,65	0,11	0,06	0,004	33,8	5,55	25,1	0,50
2017	Controle	0,001	0,000	0,72	0,05	1,13	0,05	0,52	0,05	0,05	0,007	25,9	0,83	24,6	0,80
2019	Controle	0,003	0,002	0,55	0,15	0,93	0,18	0,34	0,00	0,05	0,012	29,4	3,77	29,0	3,86
2016	Lavagruis	0,020	0,002	0,52	0,01	0,93	0,06	0,75	0,09	0,05	0,000	33,8	4,08	26,5	3,62
2017	Lavagruis	0,020	0,019	0,73	0,07	1,00	0,08	0,65	0,06	0,04	0,007	25,3	1,45	25,2	4,00
2019	Lavagruis	0,001	0,000	0,67	0,04	0,89	0,03	0,37	0,04	0,04	0,002	31,0	1,04	21,3	0,38
2016	Lurgi	0,017	0,003	0,46	0,10	0,90	0,06	0,83	0,04	0,05	0,004	38,0	0,74	27,8	5,85
2017	Lurgi	0,002	0,000	0,62	0,11	0,99	0,02	0,72	0,02	0,05	0,001	27,5	1,42	27,2	3,23
2019	Lurgi	0,001		0,69		0,98		0,43		0,05		37,9	6,20	20,4	
2016	Biolit 100	0,024	0,007	0,67	0,13	1,01	0,11	0,71	0,06	0,06	0,011	33,0	4,35	21,6	1,51
2017	Biolit 100	0,001	0,000	0,74	0,07	1,04	0,07	0,58	0,04	0,04	0,007	27,3	2,20	22,7	0,46
2019	Biolit 100	0,001	0,000	0,54	0,04	0,84	0,00	0,32	0,02	0,04	0,004	34,2	3,22	24,2	0,84
2016	Biolit 200	0,017	0,007	0,51	0,02	0,93	0,08	0,65	0,14	0,05	0,012	38,7	2,39	23,8	0,89
2017	Biolit 200	0,001	0,000	0,82	0,05	1,10	0,07	0,63	0,06	0,05	0,012	24,7	1,68	22,4	0,29
2019	Biolit 200	0,001	0,000	0,60	0,09	0,88	0,05	0,38	0,01	0,03	0,001	32,5	0,98	23,4	2,50
2016	Dolokal	0,019	0,006	0,71	0,04	1,12	0,12	0,83	0,08	0,06	0,016	30,5	0,59	21,4	1,79
2017	Dolokal	0,001	0,000	1,00	0,05	1,25	0,13	0,58	0,04	0,06	0,013	21,8	0,96	20,9	0,09
2019	Dolokal	0,001	0,000	0,81	0,02	1,08	0,04	0,33	0,02	0,05	0,000	25,3	1,14	22,2	1,73

Bijlage 4 Vegetatieopnamen

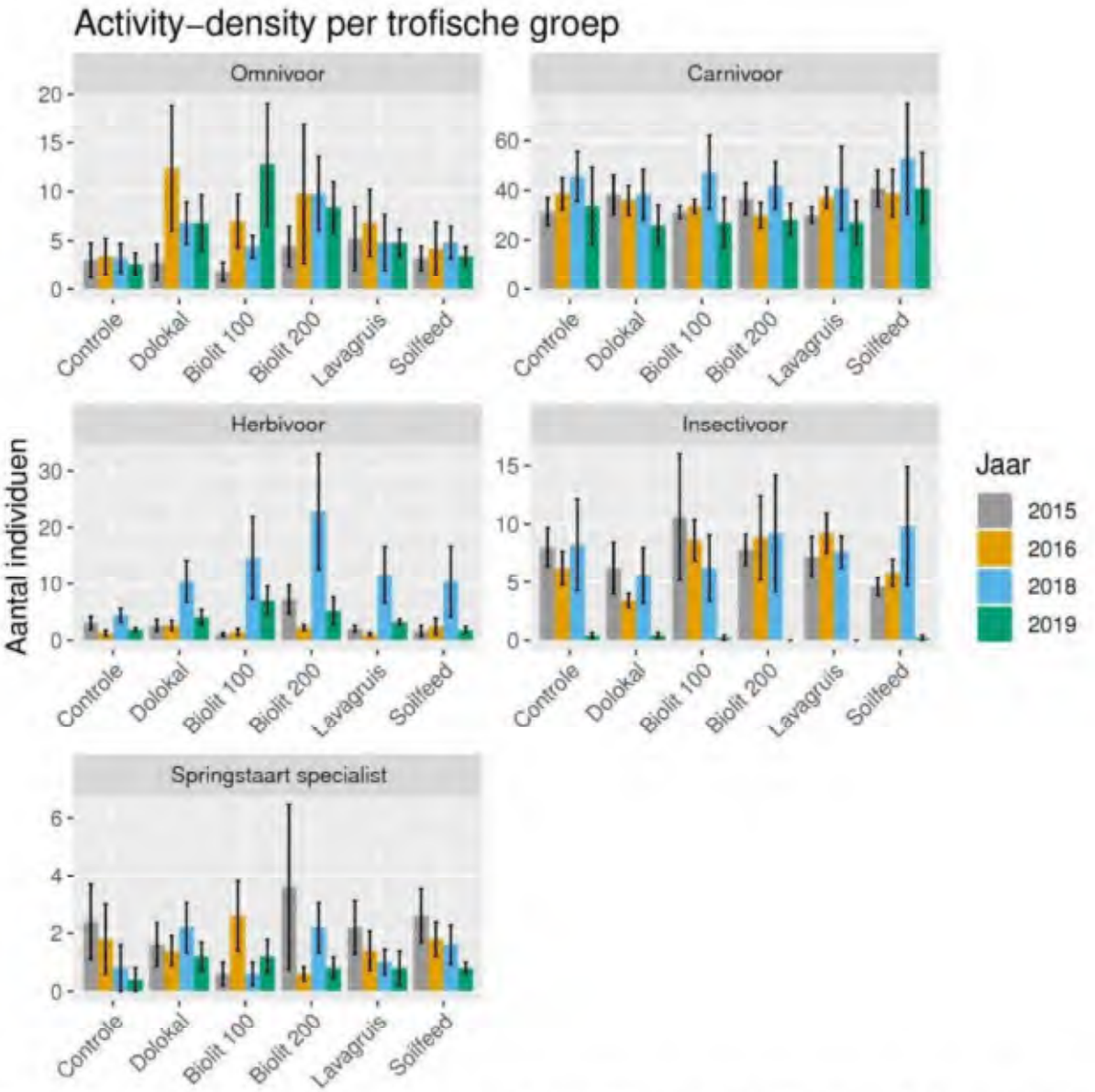


Strabrych	Drygo fwdin			2019	2018	2012	2017	2013	2016	2009	2004	2008	2010	2011	2014	2007	2012	2006	2016	2005	2015	2003	2010	2002	2012	2006	2020	2019	2018	2002	2001	2003	2013	2007
PQnr (Euller)				18	25	34	42	60	10	21	31	43	48	32	25	51	31	48	50	50	35	33	49	50	14	18	44	41	9	31	20	18	45	56
Treatment				Bioll 100	Bioll 100	Bioll 100	Bioll 100	Bioll 100	Bioll 100	Bioll 100	Bioll 100	Bioll 100	Bioll 100	Control	Control	Control	Dolokal	Dolokal	Dolokal	Dolokal	Dolokal	Dolokal	Dolokal	Lavagnes	Lavagnes	Lavagnes	Lavagnes	Lavagnes	Lavagnes	Lavagnes	Lavagnes	Lavagnes	Lavagnes
Begrazing yes/				1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0
Quercus robur (juv)	Eikensia	V	H																															1
Rhamnus frangula (juv)	Sporkehout	V	H																															
Rubus fruticosus ag.	Bruier sjaarten	V	H																															
Salix species (juv)	Wilg species	V	H																															
Sorbus aucuparia	Rôde lysterbes	V	H																															
Chenopodium album	Melgenevoet	V	R										1																					
Cirsium vulgare	Speerdistel	V	R																															
Conyza canadensis	Canadese Fijnstraal	V	R	1													2	2	2		2													
Epilobium ciliatum	Harig wilgenroosje	V	R																															
Epilobium montanum	Bergbeekbeemdekerk	V	R																															
Juncus effusus	Pitrus	V	R																											1				
Persicaria hydropiper	Waterpeper	V	R																															
Persicaria maculosa	Perzikkruid	V	R							1																								
Sagina procumbens	Liggende vetmuur	V	R																															
Senecio jacobaea	Jacobskruiskruid	V	R																															
Senecio vulgaris	Klein kruiskruid	V	R																				1											
Solanum nigrum	Zwarte nachtschade	V	R																								1							
Sonchus species	Melkdistel species	V	R																															
Urtica dioica	Grote brandnetel	V	R																															
Veronica agrestis	Akkerereprijs	V	R																															
Calluna vulgaris (dood)	Struikheide (dood)	V		10	3	7	1	5	4	1	3	1	3	17	10	1	3	4	3	3	1	1	5	4	11	3	1	6	10	10	1		4	
Carex nigra	Zwarte zegge	V																																
Hieracium cf. umbellatum (?)	Havikskruid spec.	V								1							1	1	1						1									
Dryopteris carthusiana	Smalle stekelvaren	V																																
Festuca arundinacea	Rietzwenkgras	V																																
Geranium molle	Zachte ooievaarsbek	V																																
Juncus bulbosus	Kranshaf	V																																
Moehringia trinervia	Drienervig vuur	V																																
Cladina portentosa	Gyen rendiermos	L						1					3			1	3	1					1			1	2	3	1			4	1
Cladonia species	Cladonia spec.	L				1	1			4	3	1	1	1		1											1			1		4	1
Antoshecium schreberianum	Haltig gaapmos	B																																
Aulacomnium androgynum	Gewoon knopjesmos	B																																
Barbula convoluta	Gewoon smalsnuitmos	B																																
Brachythecium albicans	Bleek okkernismos	B																																
Brachythecium rutabulum	Gewoon ribkapmos	B							1													1							1					
Bryum argenteum	Zilvermos	B																																
Bryum species 1	Knikmos spec.	B																																
Bryum species 2	Knikmos spec.	B																																
Campylium stellatum	Gulp sterk eikenblg	B		8	4	4	1	4	5	10	3	1		6	10	1	4	3	8	4	4	0		8	18	6	1	4	6	10	6	4	8
Campylopus pyriformis	Peerkbladje	B									1						4					1					1							
Cephaloziella divaricata	Gewoon dwaalmos	B																																
Ceratodon purpureus	Gewoon purperkrekje	B		4		3		1					1					2	1	2	1			1			1							
Dicranum scoparium	Gewoon gaffelkandmos	B		1	1	8		4	1	10	3	4	1	1	1	10	4	4		4	8		1		4	6		1		4	2			
Eurhynchium praelongum	Fijn leidenmos	B																					10											
Funaria hygrometrica	Gewoon vuurmos	B																																
Hypnum jutlandicum	Heide-cypressemos	B		2		4	14	15	1	4	3	18	13	11	2	1	10	13	4	4	2	10		3	4	2	10	10	1	4	2	13	10
Lophocolea species	Kantmos species	B																																
Pleurozium schreberi	Rimpmos	B																																
Pohlia nutans	Gewoon weermos	B																																
Polytrichum commune	Gewoon haarmos	B																																
Polytrichum juniperinum	Jeneverhaarmos	B																																4
Polytrichum piliferum	Rag haarmos	B																																
Polytrichum species	Haarmos species	B																																
Pseudoscleropodium purum	Gewoon teddermos	B																																
Rhytidiadelphus squarrosus	Gewoon haakmos	B																																
Thuidium tamariscinum	Gewoon fijnpluis	B																																

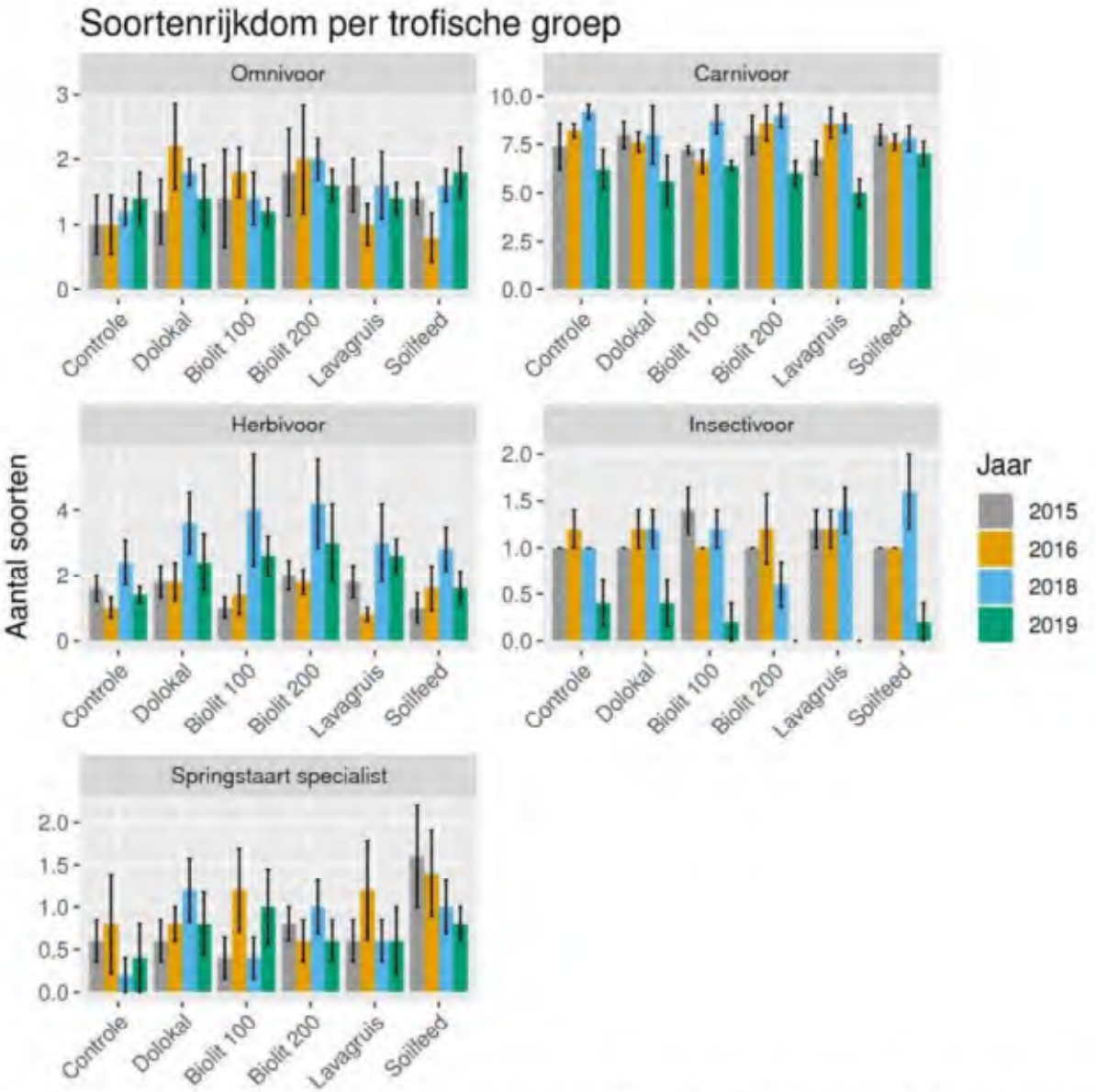
Bijlage 5 Fauna



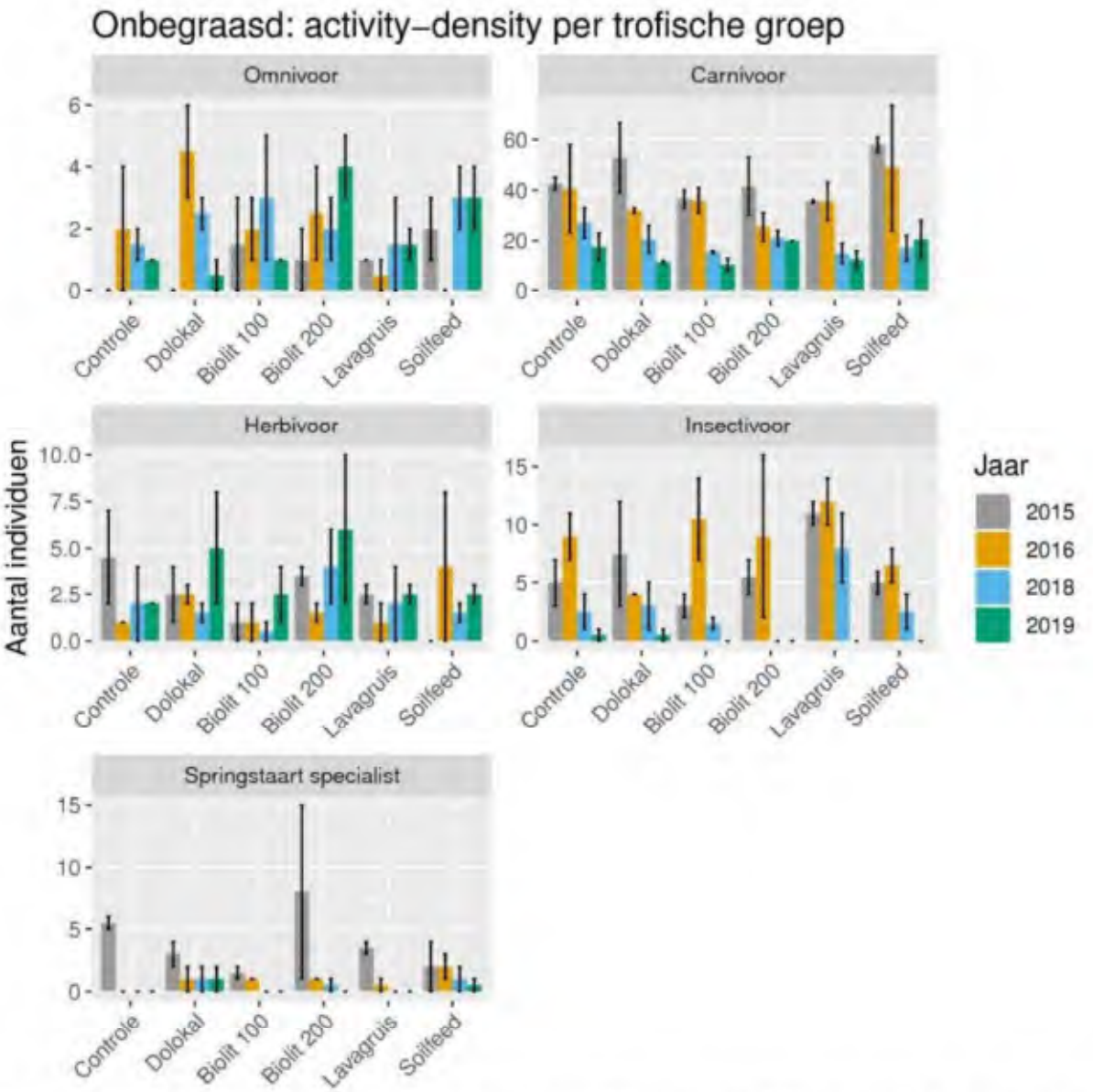
Bijlage 5.1. Gemiddeld aantal (± 1 SE) tweevleugeligen (Diptera) aangetroffen in de verschillende behandelingen in 2018 en 2019, uitgesplitst over begraasde (boven) en onbegraasde (onder) proefvlakken.



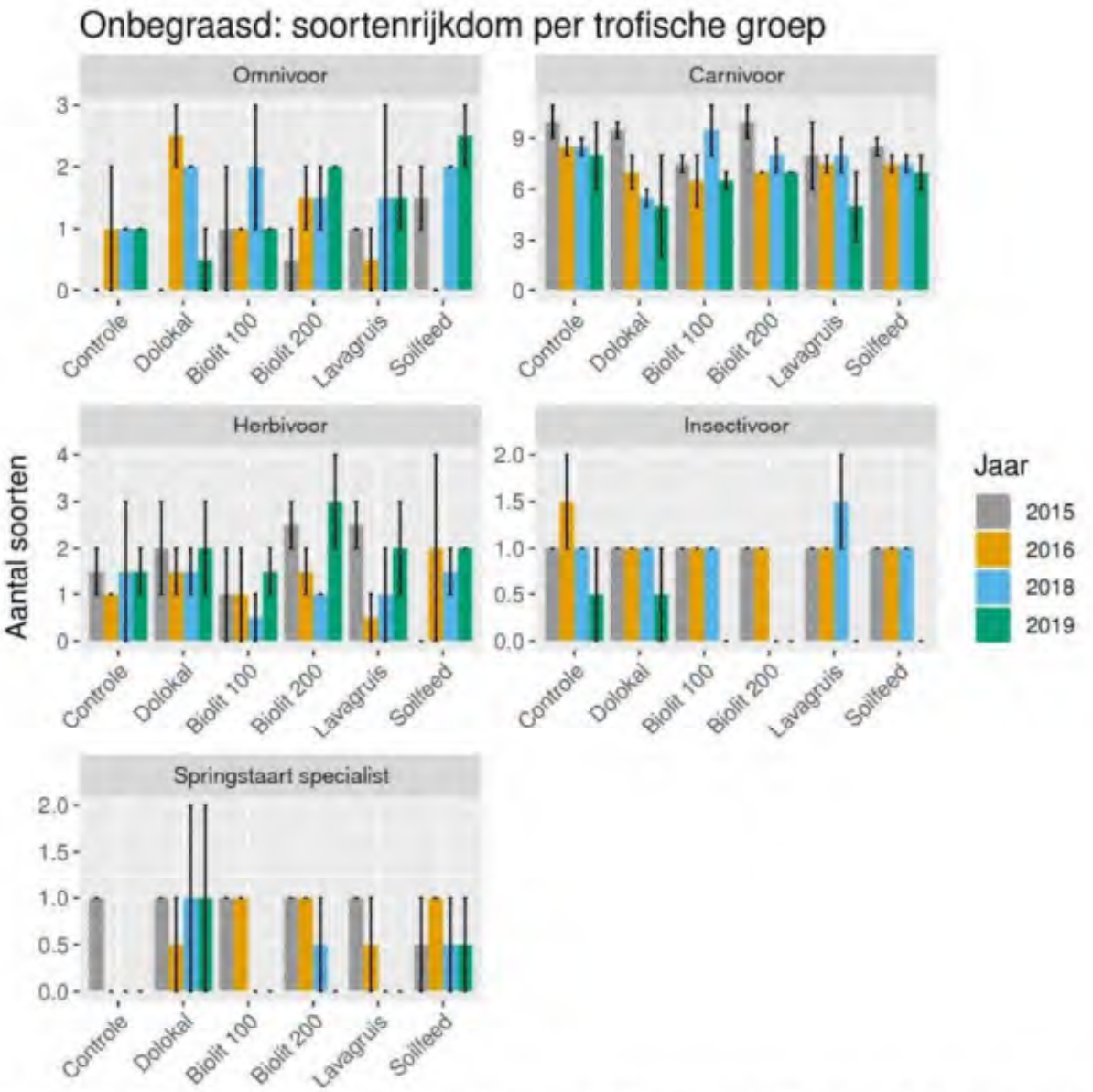
Bijlage 5.2 Gemiddelde jaarlijkse activity-density (± 1 S.E.) van verschillende trofische groepen van loopkevers in alle proefvlakken (n=5) verdeeld over de verschillende behandelingen. Let op verschillen in schaalverdeling tussen de figuren.



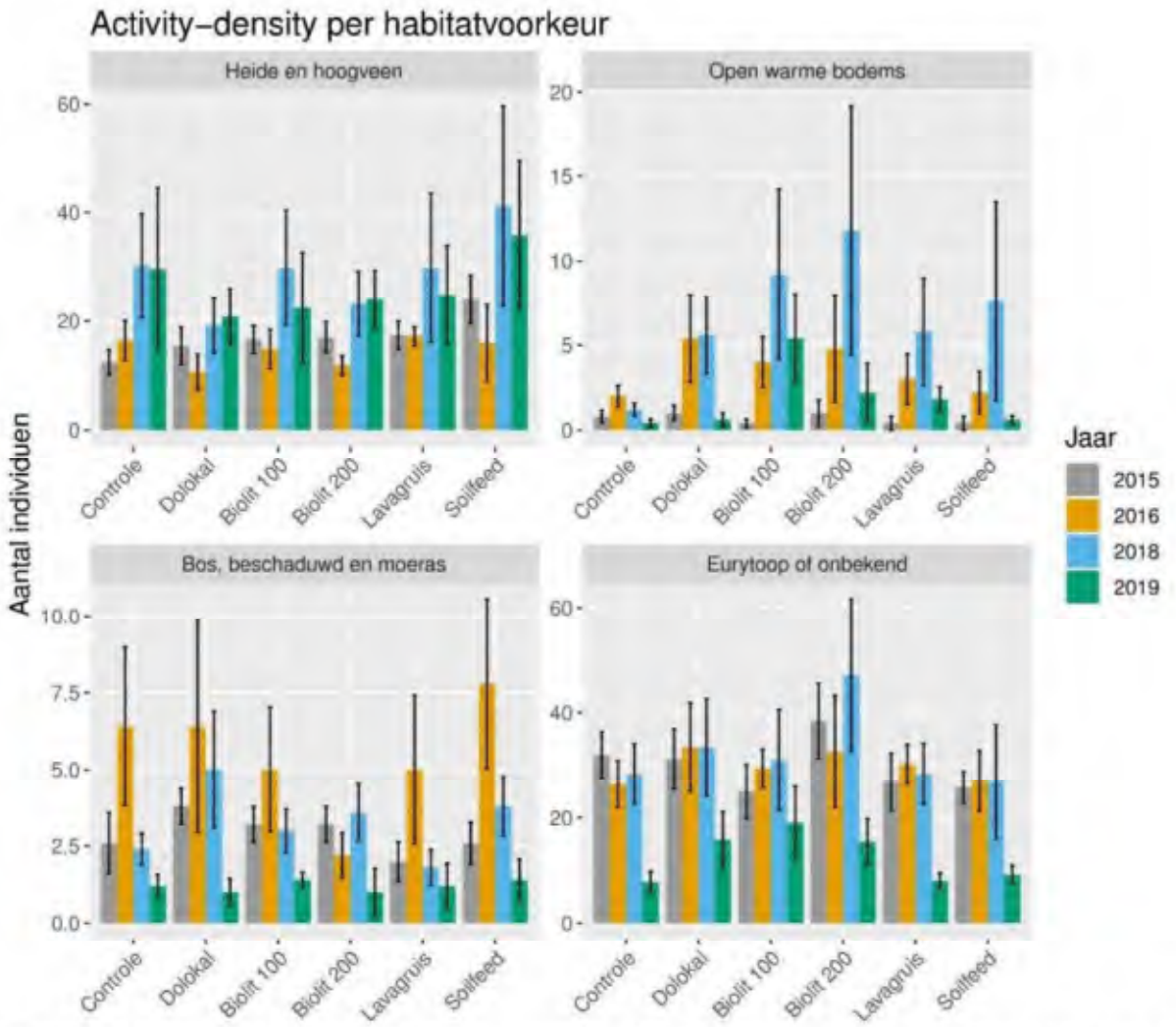
Bijlage 5.3 Gemiddelde jaarlijkse soortenrijkdom (± 1 S.E.) van verschillende trofische groepen van loopkevers in alle proefvlakken (n=5) verdeeld over de verschillende behandelingen. Let op verschillen in schaalverdeling tussen de figuren.



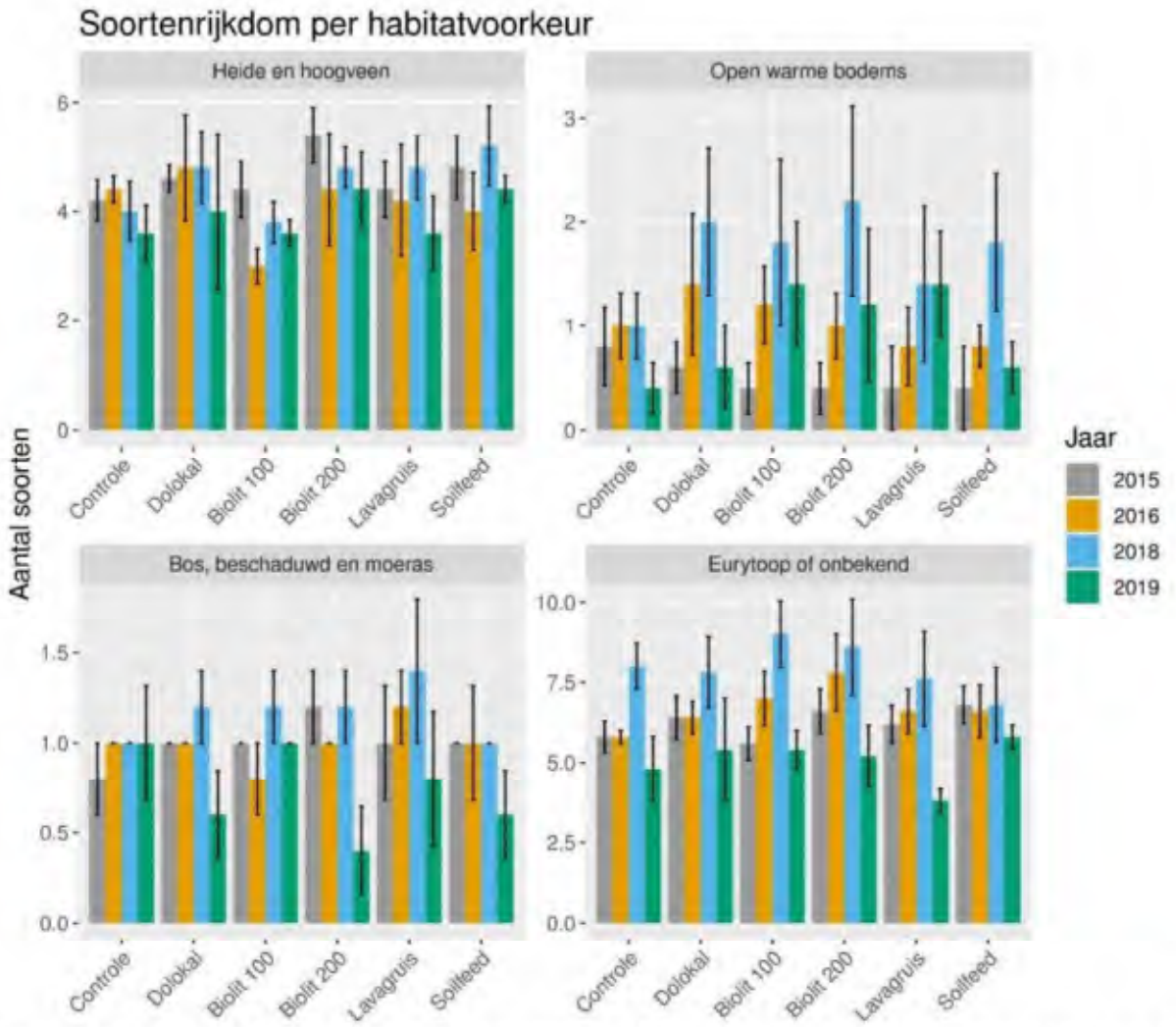
Bijlage 5.4 Gemiddelde jaarlijkse activity-density (± 1 S.E.) van verschillende trofische groepen van loopkevers in de onbegraasde proefvlakken (n=2) verdeeld over de verschillende behandelingen. Let op verschillen in schaalverdeling tussen de figuren.



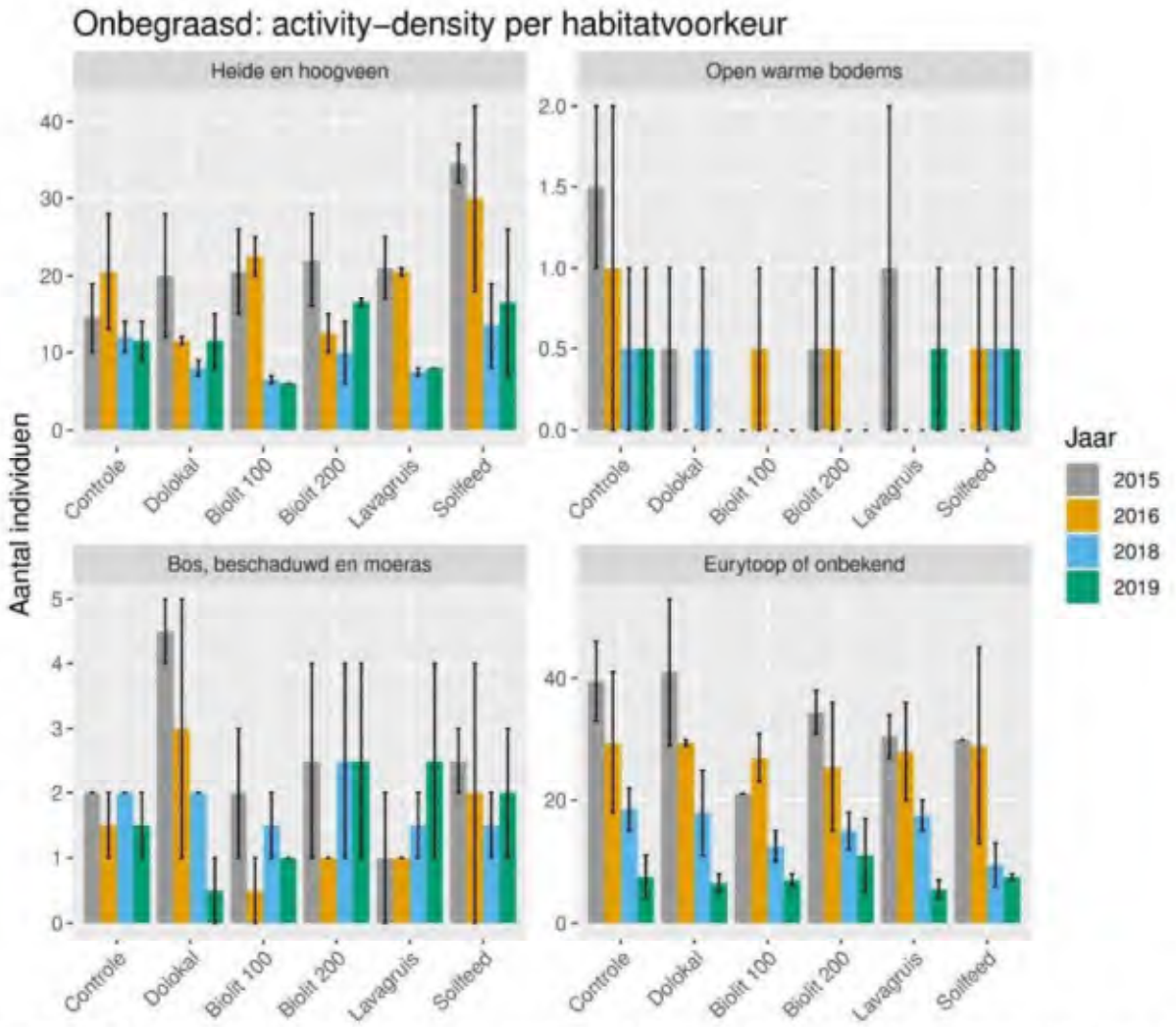
Bijlage 5.5 Gemiddelde jaarlijkse soortenrijkdom (± 1 S.E.) van verschillende trofische groepen van loopkevers in de onbegraasde proefvlakken (n=2) verdeeld over de verschillende behandelingen. Let op verschillen in schaalverdeling tussen de figuren.



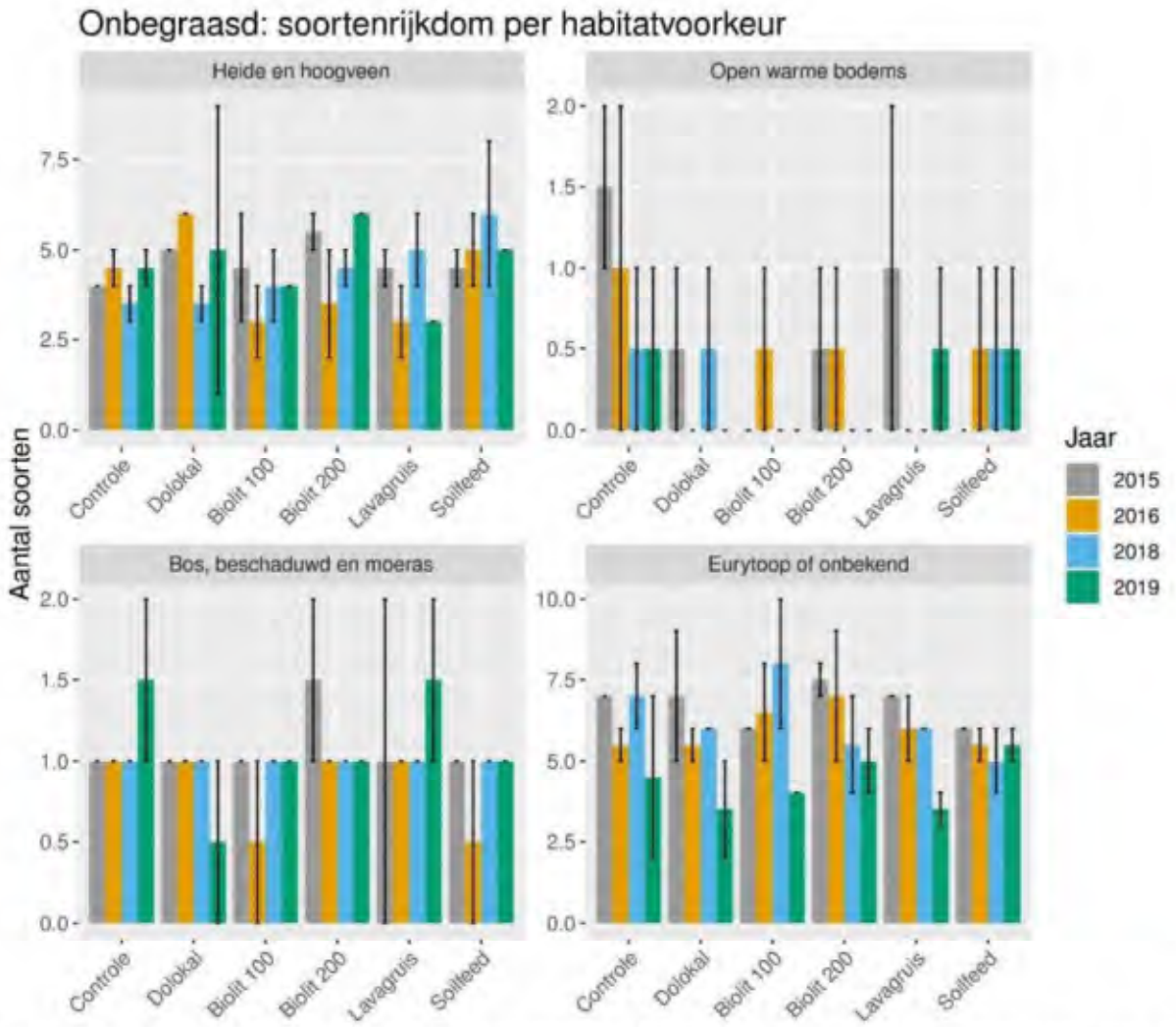
Bijlage 5.6 Gemiddelde jaarlijkse activity-density (± 1 S.E.) van loopkevers per habitatvoorkeur in de alle proefvlakken (n=5) verdeeld over de verschillende behandelingen. Let op verschillen in schaalverdeling tussen de figuren.



Bijlage 5.7 Gemiddelde jaarlijkse soortenrijkdom (± 1 S.E.) van loopkevers per habitatvoorkeur in de alle proefvlakken (n=5) verdeeld over de verschillende behandelingen. Let op verschillen in schaalverdeling tussen de figuren.



Bijlage 5.8 Gemiddelde jaarlijkse activity-density (± 1 S.E.) van loopkevers per habitatvoorkeur in de onbegraasde proefvlakken (n=2) verdeeld over de verschillende behandelingen. Let op verschillen in schaalverdeling tussen de figuren.



Bijlage 5.9 Gemiddelde jaarlijkse soortenrijkdom (± 1 S.E.) van loopkevers per habitatvoorkeur in de onbegraasde proefvlakken (n=2) verdeeld over de verschillende behandelingen. Let op verschillen in schaalverdeling tussen de figuren.

YEAR	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
BLOCK	SM1	SM1	SM1	SM1	SM1	SM1	SM2	SM2	SM2	SM2	SM2	SM2	SM3	SM3	SM3	SM3	SM3	SM3	SM4	SM4	SM4	SM4	SM4	SM4	SM5	SM5	SM5	SM5	SM5	SM5
TREAT	B1	B2	C	D	S	L	B1	B2	C	D	S	L	B1	B2	C	D	S	L	B1	B2	C	D	S	L	B1	B2	C	D	S	L
Acupalpus brunnipes																														
Acupalpus dubius																														
Acupalpus exiguus																														1
Acupalpus parvulus																														
Agonum sexpunctatum																														
Agonum viduum																														
Amara aenea																														
Amara communis																														
Amara convexior																														
Amara equestris						1								1																
Amara familiaris																														
Amara infima														1				1												
Amara lunicollis			3	1	1	4		1	17	1	1	1	2	1	5		3	1	1		2	7		1			2	1		1
Amara ovata																														
Amara plebeja																														
Amara tibialis																														
Bembidion lampros																														
Bembidion nigricorne	1												1					1												
Bembidion properans																														
Brodyellus hardyellus					1				1				2					1							1					
Brodyellus ruficollis			1		1	2	1			1		1	1	1			1	2			2			1	2				2	
Calathus cinctus																														
Calathus erratus	2					1						1	1	3	8	9	5	4												
Calathus fuscipes																		1		1								1		
Calathus melanocephalus	6	1	3	6	2	2	10	27	11	14	14	12	10	16	10	7	9	11	14	6	7	16	10	6	7	13	4	16	12	6
Calathus micropterus																					1	1								
Carabus arvensis							1			1									9	4	4	5	21	17	10	13	14	13	12	8
Carabus clatratus	8	9	3	4	11	11	5	6	7	10	8	4	6	6	5	9	10	5		6	4	3		7	2	4		5	4	2
Carabus granulatus																														
Carabus nemoralis							1					1							1	1	1		6	1		1	1	5	4	
Carabus nitens			1	2	1	1	1	1				1			1		1	2	4						2	1	1			1
Carabus problematicus	4	3	3	2	5	4	4	4	6	5	2	2	4	4		3	1	2	1	1	2	5	3		3	3	2	4	2	1
Cicindela campestris	1				1				1					1																
Cicindela silvatica																														
Olvina fossor																														
Cymindis humeralis																														
Dyschirius globosus	14	12	13	11	6	7	2	7	7	4	5	6	29	9	10	1	2	5	2	4	3	3	4	10	4	7	7	12	6	12
Harpalus affinis																1														
Harpalus assimilis															1	2											1			
Harpalus distinguendus																														
Harpalus griseus																														
Harpalus latus															1					1				1	1	1		1		
Harpalus rubripes																														
Harpalus rufipalpis											1																			1
Harpalus smaragdinus																														
Harpalus solitaris																						1						2		1
Harpalus tardus												1			2															
Lastus ferrugineus			1								2	4					1		2	15	5	4	4	4	1	1	6	2		1
Masoreus wetterhalli															1															
Nebria brevicollis																												1		1
Nebria salina	1				2						1		1	4							1					1				1
Notaphilus aquaticus						1					1							1												
Notiophilus germinyi									1		2				1	2	1													
Olisthopus rotundatus												1																1		
Oxypselaphus obscurus					1	1			2										1	7	21	1	2				4	1	1	7
Paradromius linearis																														
Paraphonus maculicornis																														
Philorhizus melanocephalus									1																					
Poecilus cupreus																										1				
Poecilus lepidus	5	2	1	2	2		4	4	6	1	2	3	6	4	8	3	5	8	5	1	3	1	12	3	9	9	3	7	13	5
Poecilus versicolor				1		1			1	2							1		1		2	5	4	4	7	6	10	12	6	4
Pseudoophonus rufipes	1																			1					1			1		
Pterostichus adoxus																														
Pterostichus diligens						1			1	1			1						1	2	1	2	1				1			
Pterostichus melanarius				1																										
Pterostichus minor											1																			
Pterostichus nigrita																														
Pterostichus rhaeticus																														
Pterostichus vernalis																										1				
Stenolophus mixtus																														
Stenolophus teutonus																														
Syntomus foveatus			3	1			1	1	9	8	1	7	4	1	3	4	9	2	15					1					1	
Syntomus truncatellus									1		1			1																
Totaal individuen	44	38	28	33	39	23	30	82	45	41	49	43	65	59	51	51	42	60	37	55	60	47	70	62	50	64	55	65	64	55
Totaal soorten	10	10	9	12	14	8	10	14	11	11	14	12	14	14	11	13	14	13	10	15	14	12	11	11	13	15	13	15	12	16

Bijlage 5.10. Overzicht van bemonsterde soorten loopkevers in alle proefvlakken in 2015. B1=Biolit 100 µm, B2= Biolit 200 µm, C=Controle, D=Dolokal, S=Soilfeed, L=Lavagruis.

60244 0033

YEAR	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016
BLOCK	SM1	SM1	SM1	SM1	SM1	SM1	SM2	SM2	SM2	SM2	SM2	SM2	SM3	SM3	SM3	SM3	SM3	SM3	SM4	SM4	SM4	SM4	SM4	SM4	SM5	SM5	SM5	SM5	SM5	SM5
TREAT	B1	B2	C	D	S	L	B1	B2	C	D	S	L	B1	B2	C	D	S	L	B1	B2	C	D	S	L	B1	B2	C	D	S	L
Acupalpus brunnipes																														
Acupalpus dubius																														
Acupalpus exiguus																														
Acupalpus parvulus																														
Agonum sexpunctatum															1															
Agonum viduum																														
Amara aenea																				1										
Amara communis				1						1																				
Amara consularis																														
Amara equestris															1														1	
Amara familiaris																														
Amara infima																														
Amara lunicollis			2	2		1	1	1	1				1	1	1	1	1		1	1				2			1	1	5	
Amara ovata																		1												
Amara plebeja																														
Amara tibialis								1			1		1				1													
Bembidion lampros			1												3							1								
Bembidion nigricorne																														
Bembidion properans																		1												
Bradycellus harpalinus			1					2			1		1	1			1	1												
Bradycellus ruficollis	1					1				1		1			1		1		1			1	2				1		1		1
Calathus cinctus																							1							
Calathus erratus			2		1		1	2	1	2	2	2	3	1	10	21	8	5		2										
Calathus fuscipes														2																
Calathus melanocephalus	4	6	5	3	4	7	6	7	8	4	5	7	10	11	5	4	11	8	6	5	5	16	2	3	8	4	3	12	9	3
Calathus micropterus																														
Carabus arcensis																			14	8	3	3	14	17	16	10	17	6	25	17
Carabus clatratus	2	1	3	2		4	4	4	1	1	2	4	4		4	6	4	3					2			1	1	1	3	1
Carabus granulatus																														
Carabus nemoralis																			4				1	1						1
Carabus nitens				1					1		1		1	5	4	2	1	1	1								1		1	
Carabus problematicus	10	2	11	20	13	6	5	5	14	3	14	3	9	2	4	3	7	13	1	1	2	5		1		1	1	1	4	1
Cicindela campestris					1			1	1			4		2		3	1	1												
Cicindela sylvatica																														
Clivina fossor				1																										
Cymindis humeralis														1								1								
Dyschirius globosus	7	7	3	3	9	4	4		6	4	3	11	11	15	2	1	4	4	7	2	6	4	5	10	14	18	11	4	8	14
Harpalus affinis																			1											
Harpalus anxius												3		2		1					1									
Harpalus distinguendus										1																				
Harpalus griseus					1																									
Harpalus latus																						3				1		1	1	
Harpalus rubripes																														
Harpalus rufipalpis																														
Harpalus smaragdinus																														
Harpalus solitaris																														
Harpalus tardus																													1	
Leistus ferrugineus	6		3	3		2	1		4		1						1	1	1	1		2	3	1	1	1			1	
Masoreus wetterhallii																2														
Nebria brevicollis																														
Nebria salina	5	1	2	4	2	2	6	5	4	9	1	6	8	15	2	10	7	6			3				1	1				
Notiophilus aquaticus		1				1	1		1	1	1						1	1												
Notiophilus germinyi							1		1							1	1	1												
Olethrops rotundatus											1							1												
Oxypselaphus obscurus					1			1											1	1	1			1			2	2		2
Paradromius linearis																														
Paraphonus maculicornis																														
Philorhizus melanocephalus													1																	
Poecilus cupreus																														
Poecilus lepidus	3	6	2	1		7	10	3	9	3	4	4	3	4	12	7	4	9	3		6	1	1	3	9	2	5	1	13	2
Poecilus versicolor	1	2	2	1	1	3				2	1	1	2	3	4	3	1	1	2	1	4	4	2	2	7	12	24	9	21	15
Pseudoophonus rufipes							1	1			1																			
Pterostichus anthracinus																														
Pterostichus diligens			1	1		1								2	1			1		2	1	2	1				4	1		
Pterostichus melanarius														1																
Pterostichus minor																														
Pterostichus nigrita																														
Pterostichus rhaeticus																														
Pterostichus vernalis																														
Stenolophus mixtus																														
Stenolophus teutonus																														
Syntomus foveatus	3	5				3	10		2	17	14	15	13	34	10	31	5	14		1	1	3			1	3		2		
Syntomus truncatellus														1																
Totaal individuen	42	38	38	30	35	41	57	32	54	51	49	62	66	108	59	101	58	75	44	26	35	46	32	41	57	53	70	42	91	58
Totaal soorten	10	14	12	10	11	12	15	13	13	15	12	14	14	22	12	18	16	18	13	12	13	12	10	10	8	12	11	13	13	10

Bijlage 5.11. Overzicht van bemonsterde soorten loopkevers in alle proefvlakken in 2016. B1=Biolit 100 µm, B2= Biolit 200 µm, C=Controle, D=Dolokal, S=Soilfeed, L=Lavagruis.

60244 0033

YEAR	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018
BLOCK	SM3	SM3	SM3	SM3	SM3	SM3	SM2	SM2	SM2	SM2	SM2	SM2	SM3	SM3	SM3	SM3	SM3	SM3	SM4	SM4	SM4	SM4	SM4	SM4	SM5	SM5	SM5	SM5	SM5	SM5
TREAT	B1	B2	C	D	S	L	B1	B2	C	D	S	L	B1	B2	C	D	S	L	B1	B2	C	D	S	L	B1	B2	C	D	S	L
Acupalpus brunnipes			1																1											
Acupalpus dubius																														
Acupalpus exiguus																														
Acupalpus parvulus																														
Agonum sexpunctatum																														
Agonum viduum	1									1																				
Amara aenea	1								1			1	1																	
Amara communis								1																						
Amara convexior																														
Amara equestris					1																									
Amara familiaris								1																						
Amara infima																	3													
Amara lunicollis	3	16	4	1	5	8	5	17	2	6	4	2	4	9	4	6	3	10	1	6	3		1	3				1		
Amara ovata																														
Amara plebeja																														
Amara tibialis	7	21		6	2	13	3	6		7	28	3	4	5	1	4	2	3										1	1	
Bembidion lampros													1																	
Bembidion nigricorne																														
Bembidion properans				1	1						2	1																		1
Bradycellus harpalinus																														
Bradycellus ruficollis				1				1	4	3		2		7			1		1					1						
Calathus cinctus																														
Calathus erratus	3	7	1	1	4	1	5	1	4	5	8		4	2	2				1		1		1	1	2					
Calathus fuscipes										1									1						2		1			
Calathus melanocephalus	13	8	4	14	9	4	1	14	4	16	5	6	17	8	8	7	2	6	3	4	1	5	1		3	8	4	7	1	2
Calathus micropterus																														
Carabus arcensis										1				1					1	1	1	1	3	1	2	2	1		1	4
Carabus clatratus	33	15	31	18	100	54	13	36	16	12	29	13	25	19	15	8	12	7	1		6	5	3	1	2	4	3	1	4	2
Carabus granulatus																			1											
Carabus nemoralis																				1										
Carabus nitens				2		1	1	1	1	1	2	1		1				1		1										1
Carabus problematicus	4	5	1	12	5	1	4	5	4	5	5	1	3	2	3	3	6	2	2	4	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2
Cicindela campestris	1	1	7				1		6	3	3	3		1		1	2	2												
Cicindela sylvatica																		1											1	
Clivina fossor					1																									
Cymindis humeralis																			3	2		2	1	1			1	1	1	
Dyschirius globosus	5	12	20	6	26	8	6	27	15	14	12	9	16	7	1	1	2	4	2		1	1	1	5	1		4	5	4	10
Harpalus affinis	1	1		1					1				2																	
Harpalus anxius		1	1			1	1	1	2	3	1		2	2		2														
Harpalus distinguendus	1													1																
Harpalus griseus																														
Harpalus latus	1	1				1							1											1		2			1	
Harpalus rubripes				1																										
Harpalus rufipalpis	8	16		2		2					1		19				1				1									
Harpalus smaragdinus																														
Harpalus solitaris								2																						
Harpalus tardus	4	3	2	4		2		1		2	1	1	4	1																
Leistus ferrugineus								2												1										
Masoreus wetterhalli																														
Nebria brevicollis																														
Nebria salina	1	2		1	1	1		1		1	1			3	1			1												
Notiophilus aquaticus	2	3			1	2	1	3			2	2		2		2						1								
Notiophilus germinyi				1					4	3	2					3	1	1				1							2	
Olisthopus rotundatus																														
Oxypselaphus obscurus	1		2	1		2													2	3	5						2			2
Paradromius linearis																														
Paraphonus maculicornis																														
Phonias melanocephalus																														
Poecilus cupreus																														
Poecilus lepidus	22	20	18	11	9	26	12	4	17	6	9	13	24	12	5	4	7	7	1	1	3			2	2	6	9	5	8	
Poecilus versicolor	6	12	10	2	6	14	3	1	5	8	2	1	4	2	2		1		2	3	2	2		4	1	2	10	10	5	4
Pseudoophonus rufipes						2				1											1	1								
Pterostichus anthracinus				1												1														
Pterostichus diligens																				1			1						1	1
Pterostichus melanarius			1	1		1		2	1	1		1	1	1	1	2			1											
Pterostichus minor																														
Pterostichus nigrita																							1							
Pterostichus rhaeticus																														
Pterostichus vernalis			1			1			1		1								1					1						1
Stenolophus mixtus																														
Stenolophus teutonus																														
Syntomus foveatus	4	19		7	5	1	4	6	5	11	11	14	8	15	3	7	1	3	1	1	2	1	1	1	3	1		1	3	
Syntomus truncatellus			1					1																						
Totaal individuen	122	183	105	95	177	145	62	134	91	111	129	81	140	95	47	51	41	50	24	26	28	22	16	23	17	27	38	35	34	30
Totaal soorten	21*	20*	15*	21*	16*	20*	14*	22*	18*	22*	20*	17*	18*	20*	13*	14*	13*	15*	16*	13*	13*	11*	11*	13*	10*	9*	11*	11*	14*	13*

Bijlage 5.12. Overzicht van bemonsterde soorten loopkevers in alle proefvlakken in 2018. B1=Biolit 100 µm, B2= Biolit 200 µm, C=Controle, D=Dolokal, S=Soilfeed, L=Lavagruis.

60244 0033

YEAR	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019
BLOCK	SM3	SM1	SM3	SM1	SM3	SM1	SM2	SM2	SM2	SM2	SM2	SM2	SM3	SM1	SM3	SM3	SM3	SM3	SM4	SM4	SM4	SM4	SM4	SM4	SM5	SM5	SM5	SM5	SM5	SM5
TREAT	B1	B2	C	D	S	L	B1	B2	C	D	S	L	B1	B2	C	D	S	L	B1	B2	C	D	S	L	B1	B2	C	D	S	L
Acupalpus brunnipes																														
Acupalpus dubius				1																							1			
Acupalpus exiguus																														
Acupalpus parvulus	1																													
Agonum sexpunctatum																														
Agonum viduum																							3				1			1
Amara aenea							1							1																
Amara communis				1											1															
Amara consularis					1																									
Amara equestris																			1	1			2					3		
Amara familiaris																														
Amara infima																														
Amara lunicollis				2	1	1	1												3	7	3	2		1	1			4	1	2
Amara ovata																														
Amara plebeja																				1							1		1	
Amara tibialis			1			1	1				1	2	1	1									1							
Bembidion lampros																														
Bembidion obtusum																														
Bembidion properans																												1		
Bradycellus harpalinus														1									1							
Bradycellus ruficollis											1																			
Calathus cinctus																					1									
Calathus erratus	1	3			7	1	2				4			1		1		2	1								1			
Calathus fuscipes		2	1									1						1												
Calathus melanocephalus	1	2	1	6	3	1	1	1	1	1	1		3	2				1		1					2		1	1		
Calathus micropterus																														
Carabus arcensis																		1	1	3			1		1	1	2	1	1	
Carabus clatratus	46	30	83	31	78	45	11	32	13	14	46	13	20	9	17	19	11	30	3	4	5	8	2	6	3	4	2	2	4	5
Carabus granulatus																														
Carabus nemoralis																							1				1			
Carabus nitens	1					1	1			1	1			1					1								1			
Carabus problematicus			2	2	3		2						2		1	2		1		1	1					4	1	1	1	3
Cicindela campestris		1		1	1	3	2			2	3			1	1		1	1			1							3	10	
Cicindela sylvatica																														
Clivina fossor									1				1																	
Cymindis humeralis																				8	1			1	1	2		1	2	
Dyschirius globosus										1	1																1			
Harpalus affinis		1					1						1	1																
Harpalus anxius	1						3							3				1												
Harpalus distinguendus																														
Harpalus griseus																														
Harpalus latus																				1						1		1		
Harpalus rubripes																														
Harpalus rufipalpis	7									1		1	17	4				2												
Harpalus smaragdinus					1									1				1												
Harpalus solitaris							1																							
Harpalus tardus					1					2			2	1				1									1			
Leistus ferrugineus	1																											1	1	
Masoreus wetterhallii																		2												
Nebria brevicollis																														
Nebria salina							2	1	1				1																	
Notiophilus aquaticus	1	1			2	1	1		1		1	1	2	2				1	1											
Notiophilus germinyi								1	1				1			2		2									1			
Olethrops rotundatus																														
Oxypselaphus obscurus																				1			1				1			
Paradromius linearis				1	1					1																				
Paraphonus maculicornis																								1						
Phorhaius melanocephalus																													1	1
Poecilus cupreus																			1						1					
Poecilus lepidus	15	7	7	7	2	5	1	1	3	3	1	1	3	2				2		4	2		1	1	1	7	8	3	9	2
Poecilus versicolor	1	4	3	2	2		1			1	3	1				2	1		1	6	2	3	3	2	4	2	5	1	3	5
Pseudoophonus rufipes				1	1				1	2														1		1				
Pterostichus anthracinus																														
Pterostichus diligens										1								1					1					1		1
Pterostichus melanarius																														
Pterostichus minor																		1								1				
Pterostichus nigrita																														
Pterostichus rhaeticus																														1
Pterostichus vernalis																									1					
Stenolophus mixtus																								1						
Stenolophus teutonus										1																				
Syntomus foveatus	6	18	5	10	7	8	23	8	2	13	1	6	32	7	2	7	2	5	1	1			1			1			1	
Syntomus truncatellus																														
Totaal individuen	81	70	105	74	102	68	50	46	25	48	56	28	82	37	23	32	22	50	13	35	15	13	18	14	15	25	27	24	35	19
Totaal soorten	12	11	11	15	13	10	13	6	10	15	10	8	14	15	6	5	10	13	9	13	8	3	12	8	9	11	14	15	12	9

Bijlage 5.13. Overzicht van bemonsterde soorten loopkevers in alle proefvlakken in 2019. B1=Biolit 100 µm, B2= Biolit 200 µm, C=Controle, D=Dolokal, S=Soilfeed, L=Lavagruis.

60244 0033

Bijlage 6 Paddenstoelen

Bijlage 6.1: Lijst met alle aangetroffen taxa

Agrocybe pediades	Deconica subcoprophila	Lactarius camphoratus	Onygena corvina
Aleuria aurantia	Deconica subviscida	Lactarius deliciosus s.s.	Panaeolus acuminatus
Aleuria bicucullata	Discinella boudieri	Lactarius glyciosmus	Panaeolina foenisecii
Amanita citrina	Entoloma caesiocinctum	Lactarius helvus	Panaeolus fimicola
Amanita fulva	Entoloma cetratum	Lactarius hepaticus	Panaeolus papilionaceus
Amanita gemmata	Entoloma cf. farinogustus	Lactarius necator	Panaeolus semiovatus
Amanita muscaria	Entoloma cf. griseorubidum	Lactarius pubescens	Panaeolus sphinctrinus
Amanita rubescens	Entoloma conferendum	Lactarius quietus	Parasola schroeteri
Amanita vaginata	Entoloma cyanulum	Lactarius rufus	Paxillus involutus
Arrhenia retiruga	Entoloma elodes	Lactarius theiogalus	Peziza badia
Auriscalpium vulgare	Entoloma fernandae s.l.	Lamprospora carbonicola	Peziza limnae
Baeospora myosura	Entoloma formosum	Lamprospora seaveri	Peziza repanda
Boletus badius	Entoloma hirtum/dysthaloides	Leccinum scabrum s.l.	Phallus impudicus
Boletus chrysenteron s.l.	Entoloma inutile/elodes	Lepiota castanea	Pholiota lenta
Bovista aestivalis s.l.	Entoloma minutum	Lepista nuda	Pluteus cervinus
Bovista pusilla s.l.	Entoloma moliniophilum	Lepista sordida	Poculum firmum
Calocybe carnea	Entoloma rhodocylix	Leucoagaricus georginae	Poronia punctata
Calvatia excipuliformis	Entoloma sericellum	L. melanotrichus v. fuligineobrunneus	Psathyrella artemisiae
Cheilymenia granulata	Entoloma sericeum	Leucocoprinus brebissonii	Psathyrella corrugis
Clavaria daulnoyae/krieglsteineri	Entoloma serrulatum	Loreleia marchantiae/postii	Psathyrella olympiana
Clavaria falcata	Entoloma turbidum	Lycoperdon foetidum	Psathyrella piluliformis
Clavaria greletii	Flagelloscypha minutissima	Lycoperdon molle	Psathyrella prona
Clavaria straminea	Galerina ampulleocystis	Lycoperdon nigrescens	Psathyrella sphaerocystis
Claviceps microcephala	Galerina atkinsoniana	Lycoperdon perlatum	Psathyrella trivialis
Clitocybe agrestis	Galerina calyptrata	Lyophyllum ambustum	Pseudoomphalina pachyphylla
Clitocybe candicans	Galerina camerina	Lyophyllum cf. confusum	Psilocybe coprophila
Clitocybe clavipes	Galerina clavata	Lyophyllum palustre	Psilocybe semiglobata
Clitocybe costata	Galerina graminea	Lyophyllum tylicolor	Psilocybe semilanceata
Clitocybe diatreta	Galerina hypnorum	Macrolepiota procera	Psilocybe strictipes
Clitocybe fragrans	Galerina mniophila	Macrotyphula fistulosa	Psilocybe turficola
Clitocybe marginella	Galerina pumila	Macrotyphula fistulosa var. contorta	Ramariopsis kunzei sl.
Clitocybe metachroa	Galerina sideroides s.l.	Marasmiellus vaillantii	Resinomycena saccharifera
Clitocybe nebularis	Galerina unicolor	Marasmius androsaceus	Rhizopogon luteolus
Clitocybe rivulosa	Geastrum triplex	Marasmius limosus	Rhodocollybia butyracea
Clitocybe vibecina	Geoglossum elongatum	Marasmius quercophilus	Rhodocollybia maculata
Clitopilus hobsoni	Geoglossum fallax	Marasmius setosus	Rickenella fibula
Collybia cirrhata	Gymnopilus decipiens	Megacollybia platyphylla	Rickenella swartzii
Collybia cookei	Gymnopilus fulgens	Melanoleuca polioleuca	Ripartites tricholoma
Conocybe alboradicans	Gymnopilus odinii	Mycena abramsii	Roridomyces rorida
Conocybe antipus	Gymnopus androsaceus	Mycena acicula	Russula betularum
Conocybe brunneidisca	Gymnopus dryophilus	Mycena adonis	Russula claroflava
Conocybe farinacea	Hebeloma birrus	Mycena adscendens	Russula emetica
Conocybe mesospora	Hebeloma crustuliniforme s.l.	Mycena aetites	Russula fellea
Conocybe pubescens	Hebeloma cylindrisporum	Mycena amicta	Russula fragilis
Conocybe siennophila	Hebeloma mesophaeum	Mycena capillaripes	Russula fragilis var. gilva
Conocybe subovalis	Hebeloma pusillum	Mycena cinerella	Russula nigricans
Conocybe velutipes	Helvella villosa	Mycena epipterigioides	Russula ochroleuca
Coprinopsis nivea	Hygrocybe conica	Mycena epipterygia	Russula parazurea
Coprinopsis tuberosa	Hygrocybe miniata	Mycena filopes	Russula sylvestris
Coprinopsis urticicola	Hygrophoropsis aurantiaca	Mycena galericulata	Russula undulata
Coprinus micaceus s.s.	Hymenoscyphus fructigenus	Mycena galopus v. candida	Rutstroemia conformata
Cordyceps militaris	Hymenoscyphus salicinus	Mycena galopus v. galopus	Rutstroemia lindaviana
Cortinarius anomalus	Hypholoma elongatum	Mycena galopus v. nigra	Rutstroemia sydowianum
Cortinarius croceus	Hypholoma ericaeoides	Mycena haematopus	Scleroderma areolatum
Cortinarius delibutus	Hypholoma ericeum	Mycena leptocephala	Scleroderma citrinum
Cortinarius fusisporus	Hypholoma polytrichi	Mycena megaspora	Scutellinia scutellata
Cortinarius hemitrichus	Hypholoma udum	Mycena metata	Scutellinia subhirtella sensu svrcek
Cortinarius paleaceus	Inocybe assimilata	Mycena olivacomarginata	Sphaerobolus stellatus
Cortinarius paleaceus s.l.	Inocybe lacera	Mycena pelliculosa	Stropharia caerulea
Cortinarius subbalaustinus	Inocybe lanuginosa s.l.	Mycena purpureofusca	Stropharia semiglobata
Cortinarius umbrinolens	Inocybe mixtilis s.l.	Mycena sanguinolenta	Suillus bovinus
Crepidotus variabilis s.s.	Inocybe napipes	Mycena sepia	Suillus luteus
Cyathicula cyathoidea	Inocybe sindonia	Mycena speirea	Thelephora terrestris
Cystoderma amianthinum	Inocybe subcarpta	Mycena stylobates	Tricholoma albobrunneum
Cystoderma jasonis	Laccaria amethystina	Mycena vitilis	Tricholoma equestre
Deconica coprophila	Laccaria bicolor	Neotiella hetieri	Tricholomopsis rutilans
Deconica crobula	Laccaria laccata	Neotiella rutilans	Tubaria furfuracea
Deconica inquilina sl.	Laccaria proxima	Octospora bryi-argentei	Typhula erumpens
Deconica merdaria	Lachnum imbecile	Octospora coccinea	Typhula quisquiliaris
Deconica merdicola	L. carneolum var. longisporum	Omphalina obscurata	Typhula setipes s.l.
Deconica montana	Lactarius blennius	Omphalina pyxidata	Vascellum pratense

ONDERZOEK NAAR RUIMTELIJKE VERSPREIDING VAN LEEMLAGEN VOOR DE UITBREIDING VAN VOCHTIGE HEIDE EN HEISCHRALE GRASLANDEN OP DE BORKELD

Titel: Onderzoek naar ruimtelijke verspreiding van leemlagen voor de uitbreiding van vochtige heide en heischrale graslanden op de Borkeld

Opdrachtgever: Provincie Overijssel

Status: definitief

Datum: 21 september 2022

Auteur: 5.1.2e (Staatsbosbeheer)

Inhoudsopgave

1. Inleiding 5
2. Methodiek 7
3. Abiotische beschrijving 8
4. Biotische beschrijving 16
5. Resultaten en conclusies 20
Gerefereerde literatuur 23
Bijlagen 24
Bijlage 1. Beschrijving boorlocaties in twee transecten 24

1. Inleiding

Natuurgebied de Borkeld ligt ten noorden van Markelo, en ten zuiden van Rijssen. Het gebied maakt deel uit van het stuwwallencomplex dat zich, zuidoostelijk van de Sallandse Heuvelrug, uitstrekt tussen Rijssen en Lochem. De Borkeld ligt ten zuiden van rijksweg A1 en bestaat uit de deelgebieden Elsenerveld en -veen, Friezenberg, Elsenervoorveld, De Hocht, en Leemkuilen. Het reservaat is aangewezen als Natura 2000-gebied voor de volgende habitattypen:

- H2310 Stuifzanden met Struikhei
- H2330 Zandverstuivingen
- H3160 Zure vennen
- H4010A **Vochtige heiden**
- H4030 Droge heiden
- H5130 Jeneverbesstruwelen
- H6230 **Heischrale graslanden**
- H7150 **Pioniervegetaties met snavelbiezen**
- H9190 Oude eikenbossen

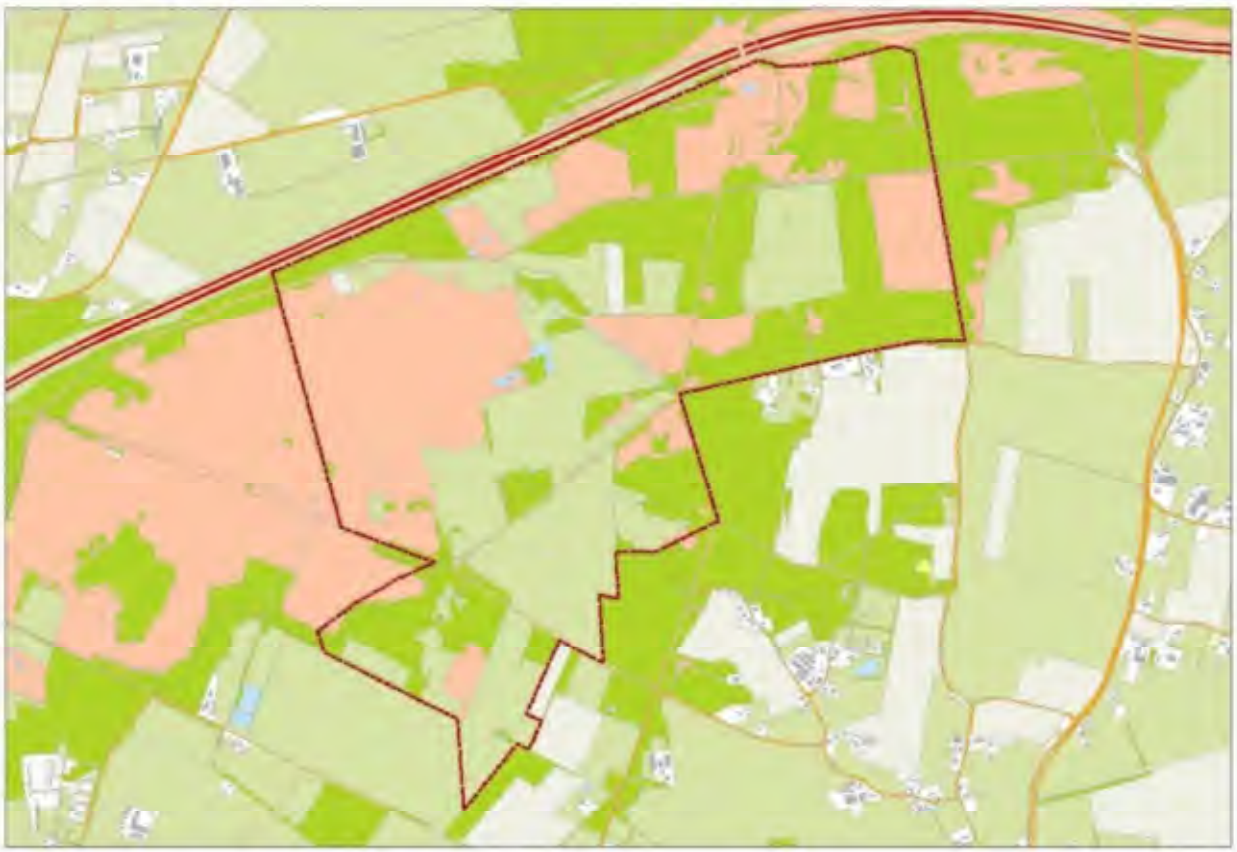
In de Gebiedsanalyse Borkeld van de Programmatische Aanpak Stikstof PAS (Aggenbach et al. 2017) worden een aantal kennisleemtes benoemd met betrekking tot de realisatie van doelen voor de habitattypen H4010A Vochtige heiden, H7150 Pioniervegetaties met snavelbiezen en H6230 Heischrale graslanden. Vanuit deze kennisleemte zijn een aantal onderzoeksvragen geformuleerd. Deze zijn hieronder uitgewerkt. Op basis hiervan wordt in beeld gebracht welke locaties geschikt zijn voor de uitbreiding van hierboven genoemde twee habitattypen.

Onderzoeksvraag
Dit onderzoek heeft betrekking op ontwikkeling van Vochtige heiden en Heischraal grasland in het oostelijke deel van de Borkeld (figuur 1.1.). Om inzicht te krijgen in de beste ontwikkellocaties voor uitbreidingsdoelen Vochtige heiden en Heischrale graslanden wordt in de rapportage de volgende vragen beantwoord:

1. Wat is de ruimtelijke verspreiding van (kei)leemlagen op de Borkeld?
2. Is er een relatie van de lokale grondwatersystemen met het regionale grondwatersysteem in verband met de mogelijke toestroom van meststoffen en zo ja, waar liggen deze percelen?

Doel van het onderzoek
Met dit onderzoek wordt inzicht verkregen waar de beste locaties liggen voor realisatie van de uitbreidingsdoelen Vochtige heiden en Heischrale graslanden. Op basis van de uitkomsten van het onderzoek wordt in beeld gebracht welke interne maatregelen (zoals bijvoorbeeld kleinschalig plaggen, maaien en begrazen) op welke locatie worden genomen voor uitbreiding van habitattypen Vochtige heiden en Heischrale graslanden.

Leeswijzer
In de hoofstukken 2 wordt de geologie, geomorfologie en bodem en het hydrologisch functioneren beschreven. In hoofdstuk 3 wordt een beeld gegeven van de aanwezigheid van de huidige locaties met Vochtige heide en Heischraal grasland. In hoofdstuk 4 vindt bespreking van de resultaten plaats en worden beheervoorstellen gedaan voor de ontwikkeling van beide habitattypen.



Figuur 1.1. Ligging van het onderzoeksgebied op de Borkeld.

2. Methodiek

In dit hoofdstuk wordt toegelicht hoe de hier boven gestelde vragen worden beantwoord. Het onderzoek heeft betrekking op het oostelijke deel van het Natura-2000-gebied (figuur 1.1.).

1. Wat is de ruimtelijke verspreiding van (kei)leemlagen op de Borkeld?
2. Is er een relatie van de lokale grondwatersystemen met het regionale grondwatersysteem in verband met de mogelijke toestroom van meststoffen en zo ja, waar liggen deze percelen?

Ad. 1. Waar ligt binnen het onderzoeksgebied (kei)leem (dicht) aan het maaiveld?
Werkwijze: Aan de hand van geologische en geomorfologische analyse, bodemkundige beschrijving (met boorbeschrijvingen) en flora- en vegetatiekartering heeft een eerste analyse plaats. Vervolgens is door middel van een veldinventarisatie (met grondboringen) in beeld gebracht waar de leemlagen zich bevinden.

Ad. 2. Om de vraag te beantwoorden of er een relatie is tussen lokale grondwatersystemen met het regionale grondwatersysteem in verband met de mogelijke toestroom van meststoffen wordt gebruik gemaakt van de bovenstaande geologische, geomorfologische en bodemkundige analyse. Daarnaast wordt gekeken naar de verspreiding van kenmerkende soorten die voedselrijke groeiplaatsomstandigheden.

Voor dit onderzoek wordt gebruik gemaakt verschillende gegevensbestanden. Met behulp van het programma ArcGis zijn diverse kaarten gemaakt en verschillende informatielagen met elkaar gecombineerd.

Topografie en reliëf
Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van bestaand kaartmateriaal van de Dienst voor het Kadaster en openbare registers. Voor de hoogtekaarten wordt gebruik gemaakt van het Actuele Hoogtebestand Nederland (ahn.nl).

Geologie en geohydrologische opbouw
De geologie en geohydrologie zijn beschreven op basis van bestaande literatuur zoals Kleijberg & Sloukes (1989) en Bell & Van 't Hullenaar (2014), en digitale gegevens uit het DINOloket van TNO, Geologische Dienst Nederland (www.dinoloket.nl).

Bodem en grondwater
Voor de bodembeschrijving is gebruik gemaakt van de bodemkaart (Ebbers & Visschers, 1983). De Bodemkaart is onderdeel van de Basisregistratie Ondergrond (BRO). In de Bodemkaart wordt informatie gegeven over de samenstelling van de bodem, boven- en ondergrond en extra informatie over bijvoorbeeld de textuur en het kalkverloop. Verder zijn de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG), Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG) en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) in beeld gebracht.

Flora en Vegetatie
Voor de beschrijvingen van flora en vegetatie is gebruik gemaakt van de vegetatiekartering en plantensoortenkartering De Borkeld en Entervenen (Langbroek & Aptroot, 2018). Daarnaast zijn de data uit Nationale databank Flora en Fauna (NDFF) gebruikt voor de analyse.

3. Abiotische beschrijving

De Friezenberg (40 meter +NAP) maakt onderdeel uit van stuwwal van Rijssen en ligt in het oostelijke deel van het 600 ha grootte natuurgebied de Borkeld. Dit glooiende terrein is (misschien) bekend vanwege de aanwezigheid van het grootste jeneverbesstruweel van Nederland. Daarnaast komen onder andere stuifzand- en droge en vochtige heiden, heischrale graslanden en een verdroogd hoogveen voor. Alleen in voorlaatste ijstijd (Saalien) bereikte het landijs Nederland en werden op het grensgebied van Twente en Salland heuvelruggen, de stuwwallen, waaronder de Friezenberg opgedrukt. Door het ijs werd keileem afgezet en met het smeltwater van het ijs werden de zogenaamde smeltwaterafzettingen gevormd. Goed- en slecht doorlatende lagen van lemig zand, grofzand en keileem bepalen de geohydrologische situatie van deze stuwwal (figuur #). In het Holoceen, de warme periode waarin we nu leven, vond voornamelijk veenvorming plaats in de lage delen van het landschap (zoals in het Elsenerveen). Lokaal ontstonden, vooral door de invloed van de mens stuifzanden. Deze bevinden zich in het westelijke deel van de Borkeld.

3.1. Geologie

De gegevens over de geologische geschiedenis van het gebied zijn gebaseerd op de toelichting bij de Bodemkaart van Nederland, kaartblad 28 West, Almelo (Bijlsma, J., in Ebbers & Visschers, 1983). Voor de geologische opbouw van de ondergrond van De Borkeld zelf zijn gegevens afkomstig uit Bannink & Pape (1968) gebruikt.

Het fundament van het gebied wordt gevormd door gelijkmatige, waarschijnlijk fluviatiele, matig fijne, glauconiet houdende zanden. Deze zijn ouder dan de landijsbedekking (Saalien) en er komen hier en daar kleilagen in voor. Deze afzetting komt over een grote oppervlakte voor binnen 120 cm in het zuiden en oosten van het gebied. Ook onder het veen is deze aangetroffen. Plaatselijk is een kriskras-gelaagdheid in de zandafzettingen aangetroffen, hetgeen een fluviatiele herkomst aangeeft

De kleilagen die erin voorkomen werden (deels) ontgonnen door de baksteenindustrie. Het is zware klei, waar slechts bij hoge uitzonderingen een kei in wordt aangetroffen. Grind komt er niet in voor, evenmin als in de zandlagen. Het gebied werd in sterke mate gemodelleerd bij de komst van het landijs in het Saalien, Het gehele terrein is bedekt geweest door een ijslob, die in het westen de grove afzettingen van de grote rivieren opstuwde tot een heuvelrug, de Holterberg, en in het oosten de stuwwal van Rijssen deed ontstaan. Door het ijs is veel materiaal meegenomen en als keileem afgezet, een slecht doorlatende klei met zwerfstenen. De keileemafzetting komt voor zuidwestelijk van de Hocht en ten zuidwesten van de Friezenberg. Ook langs de noordgrens van het gebied treffen we haar plaatselijk aan. Op de Hocht zelf is de afzetting grotendeels afgegraven ten behoeve van de steenbakkerij.

Uit het water van het afsmeltende ijs bezonken plaatselijk grove, grind- en glauconiethoudende zanden: de fluvioglaciale afzettingen. Deze afzettingen komen in het gebied vrij veel voor, voornamelijk in het westen en in het oosten. Plaatselijk ligt het ondiep op andere afzettingen. Het merendeel is afgezet als kameterras. De Friezenberg bestaat in zijn geheel uit fluvioglaciale afzettingen en kan worden opgevat als een smeltwaterheuvel. Het is een puinhoop van smeltwatermateriaal, dat zich plaatselijk in het ijs heeft opgehoopt en na het afsmelten als een heuvel is blijven liggen.
In het Weichselien werd het landschap wederom sterk vervormd, als gevolg van de afzetting van dekzanden. Het is gewoonlijk matig fijn en sterk gesorteerd als gevolg van het eolisch transport. Grote delen van het gebied zijn met dit dekzand bedekt. De dekzanden komen veel voor in het zuidoosten en in het noordoosten rond het Elsenerveen. Een dunne laag dekzand vindt men op veel plaatsen elders in het gebied. Het dekzand dat in een dunne laag onder het veen doorloopt, is ouder dan dat wat er over heen ligt. Deze laag heeft een lössachtig karakter. Ook op andere luwe plaatsen is leemachtig dekzand aangetroffen.
In het Holoceen is door verschillende oorzaken op veel plaatsen het dekzand weer gaan verstuiven tot de zogenaamde stuifzanden. Dit is in sterke mate het geval in het zuidwesten, waar tot aanzienlijke hoogte opgestoven heuvels voorkomen te midden van vlakkere gebieden bedekt met dunne lagen stuifzand. Hier en daar treft men uitgestoven laagten aan. Het stuifzand is op de meeste plaatsen begroeid.

3.3. Geomorfologie

In de Borkeld komt een groot aantal verschillende terreinvormen komt op een relatief klein oppervlak naast elkaar voor. Bij nadere beschouwing blijkt het merendeel van deze terreinvormen een direct gevolg te zijn van de aanwezigheid van landijs gedurende het Saalien.
Het centrum van het gebied waar het veen gelegen is, ligt op een hoogte van 13 tot 15 m +NAP (N51; zie figuur 3.1.). Naar het oosten loopt het gebied vrij snel omhoog naar de stuwwal van Rijssen (B11), die

een gemiddelde hoogte van 25 tot 30 m +NAP heeft, met als maximale hoogte 40 m +NAP (B15, de Friezenberg). Naar het westen stijgt het terrein geleidelijk, tot 22 m +NAP.

Figuur 3.1. Geomorfologische kaart van het onderzoeksgebied op de Borkeld. In de tekst hieronder worden de eenheden toegelicht.

3.4. Geomorfologische eenheden

Figuur 3.1. geeft de geomorfologische kaart weer met verschillende eenheden. Deze worden hieronder toegelicht.

B13: Grondmorenerug, bedekt met dekzand
Ruggen bestaande uit het door het landijs getransporteerde materiaal, de grondmorene, en ten dele door het landijs gemodelleerd. Ze bezitten veelal een dekzandlaag.

B15: Hoge smeltwaterheuvel
Deze vormeenheid ontstaat na afsmelten van het landijs. Plaatselijke ophopingen van zand en grind in het landijs blijven na afsmelten als een heuvel in het terrein achter.

E11: Smeltwaterterras (kameterras), zwak tot matig golvend
Deze vormeenheid bestaat uit materiaal dat in de ruimte tussen een stuwwal en een ijslob werd afgezet. Door het afsmelten van de ijslob, die ten dele onder smeltwaterafzettingen van zand en grind laag begraven, kreeg het oppervlak vrij onregelmatige vormen.

H13: Grondmoreneglooiing al dan niet met opgevulde smeltwatergeulen, bedekt met dekzand
Deze dalen zijn, hoewel zeer diep, geheel opgevuld, en daardoor aan het oog onttrokken.

L54: Lage landduinen met bijbehorende vlakten en laagten
Veel duinen bereiken slecht een geringe hoogte, maar vallen door de steile hellingen goed op. Ze komen als groepen voor en zijn niet te scheiden van de tussenliggende lagere delen. Deze landduinen zijn ontstaan nadat het dekzand, als gevolg van vernietiging van de vegetatie door menselijk toedoen, opnieuw in verstuiving kon gaan.

L91: Lage storthopen met grind- en/of zandgaten
Storthopen en laagten ontstaan door de afgraving van zand en/of grind.

N51: Laagtes zonder randwal, resp. al dan niet moerassig

Min of meer gesloten laagte voor zonder omringende walletjes van zand. Ze zijn veelal grillig van vorm, en de meesten zullen ontstaan zijn door uitblazing. Al naar gelang de diepte ten opzichte van het grondwater kunnen deze laagten al dan niet moerassig zijn.

M52: Dekzandvlakten
Het water van de in het voorjaar smeltende sneeuwmassa's heeft eertijds in sommige terreingedeelten vrij veel dekzand opgenomen en in de lage gebieden weer afgezet., waar nadien soms weer geringe verstuiving plaats heeft gevonden.

N94: Laagte ontstaan door afgraving
Door afgraving zijn omvangrijke ondiepe laagten ontstaan. In het gebied komen deze voor in de Hocht, waar met name keileem afgegraven is, ten bate van de baksteenindustrie. Plaatselijk hebben deze afgravingen zeer steile randen.

R21: Droog dal
De nu veelal droge dalen, zijn grotendeels door sneeuwsmeltwater gevormd. De ondergrond was bij de vorming diep bevroren, zodat het water slechts over het oppervlak kon af stromen. In de reliëfrijke gebieden vond daardoor een sterke erosie plaats. Op veel van deze dalbodems ligt een laag dekzand, hetgeen betekent dat na de afzetting van dit materiaal de dalen vrijwel niet meer door erosie zijn aangetast.

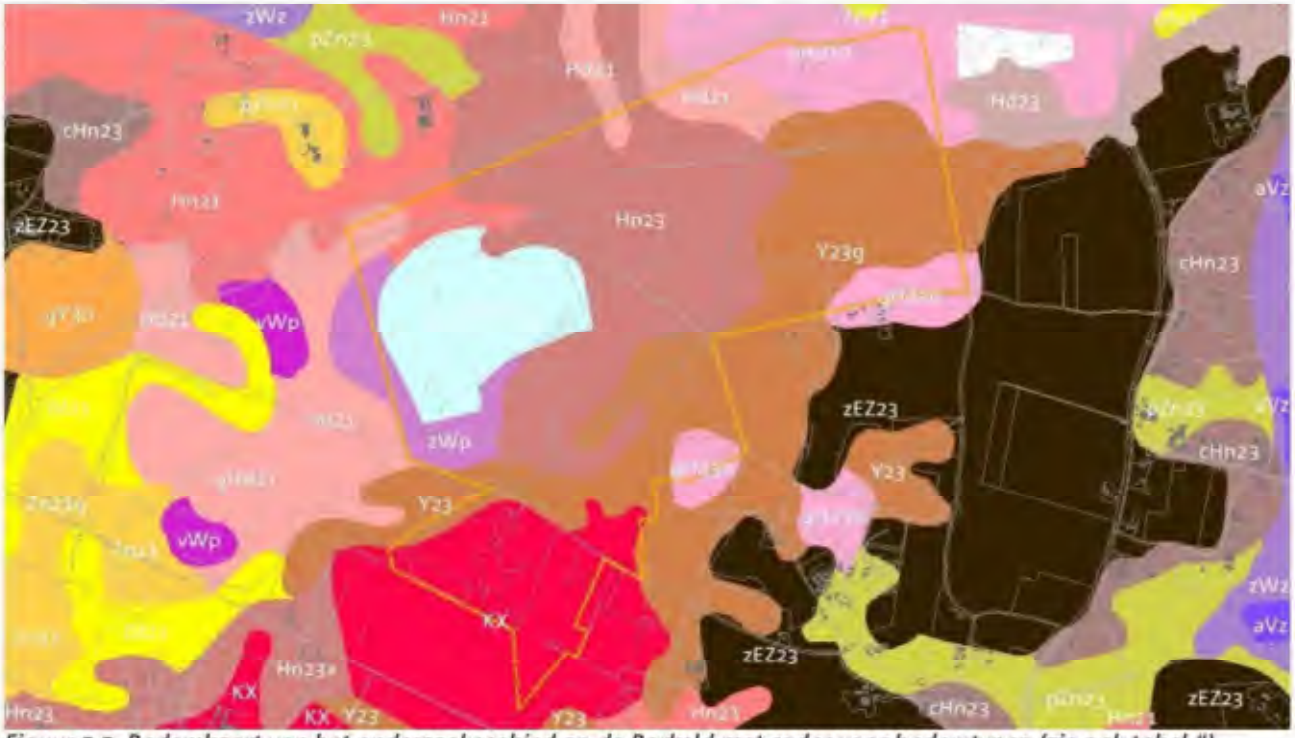
De Borkeld en directe omgeving vormen in geomorfologisch opzicht een zeer afwisselend, en voor een belangrijk deel ook nog onaangetast gebied. De sterke afwisseling in reliëfvormen krijgt een extra waarde, wanneer blijkt dat deze een verschillende ontstaanswijze hebben gehad: opstuwing door landijs, afzetting van materiaal na afsmelten van dit landijs, eolische afzetting onder arctische omstandigheden en in meer recente tijd, afgraving door menselijke activiteiten. Dit laatste heeft het gebied in wezen niet aangetast. Eerder leidt de plaatselijke versterking van het reliëf tot een grotere afwisseling in groeiomstandigheden, en daardoor tot een grotere diversiteit ecotypen in het gebied. In het volgende hoofdstuk wordt de relatie gelegd tussen de geomorfologische eenheden en ontwikkeling van habitattypen.

Tabel 1. Overzicht van geomorfologische eenheden en mogelijke locaties voor habitattypen

Geomorfologische eenheid	Habitattype
B13: Grondmorenerug	Heischraal (vochtig)
E11: Smeltwaterterras	Heischraal (droog en vochtig)
H13: Grondmoreneglooiing	Heischraal (vochtig)
M52: Dekzandvlakten	Heischraal (vochtig)
N51: Laagtes	Vochtige heide en Heischraal (droog)
R21: Droog dal	Heischraal (vochtig)

3.5. Bodem

De bodemkaart (figuur 3.2.) betreft een uitsnede van de 1 : 50.000 van de Bodemkaart van Nederland, blad 28 West (Stiboka, 1983). Aan de hand van deze kaart wordt een beknopt overzicht gegeven van de voorkomende bodemtypen in het onderzoeksgebied en wordt de relatie gelegd met de aanwezigheid en ontwikkeling van Vochtige heide en Heischraal grasland.



Figuur 3.2. Bodemkaart van het onderzoeksgebied op de Borkeld met codes voor bodemtypen (zie ook tabel #)..

Tabel #. Bodemtypen in het onderzoeksgebied van de Borkeld

Type	Hoofdtype	Beschrijving	Grondwatertrap
Hd21	Zandgronden	Veldpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand	VIII
Hn23	Zandgronden	Veldpodzolgronden; lemig fijn zand	III / IV / VII
gHd30	Zandgronden	Haarpodzolgronden; grof zand	VIII
KX	Oude kleigronden	Zeer ondiepe keileem,	V
Lg Moeras	Veengronden	Moeras	I / II
Y23g	Zandgronden	Holtpodzolgronden; lemig fijn zand	VIII
zWp	Zandgronden	Moerige podzolgronden met een humushoudend zanddek en een moerige tussenlaag	VI

Zandgronden

De zandgronden in het onderzoeksgebied van de Borkeld bestaan uit podzolgronden. In Nederland geeft men de naam podzol aan gronden waarin een B-horizont is ontstaan door inspoeling van organische stof, al dan niet samen met ijzer- en aluminiumverbindingen. Al naar gelang de aard van de organische stof in de B2-horizont, de hydromorfe kenmerken, de dikte van de humushoudende bovengrond en de textuur worden verschillende podzolgronden onderscheiden.
Holtpodzolgronden (Y23) horen tot de z.g. moderpodzolgronden. Zij hebben een gering vochtleverend vermogen, omdat de grondwaterstand pas op grote diepte wordt aangetroffen. Ze zijn grotendeels begroeid met bos. In de Borkeld komt dit bodemtype voor rond de smeltwaterheuvels van de Friezenberg.
De overige podzolgronden behoren tot de zogenaamde humuspodzolgronden. Deze zijn onderverdeeld in gronden zonder ijzerhuidjes, de veldpodzolgronden (H21 en Hn23) en met ijzerhuidjes, haarpodzolgronden (Hd30). Bij veldpodzolgronden is de dikte van de humushoudende bovengrond minder dan 30 cm. De organische stof in de B2-horizont is amorf, ligt als huidjes rond de zandkorrels en verbind deze onderling.
In het zand onder de B-horizont ontbreken de ijzerhuidjes om de zandkorrels. Veelal is dit het gevolg van de periodiek hoge grondwaterstanden en het daarmee gepaard gaande, reducerende milieu, waardoor een deel van het ijzer werd opgelost en afgevoerd. De veldpodzolgronden komen voor tussen de moerige gronden rond het Elsenerveen en de holtpodzolgronden op de stuwwal.
Haarpodzolgronden (Hd30) zijn ontwikkeld in mineralogisch arm moedermateriaal, echter onder veel drogere omstandigheden en bij veel diepere grondwaterstanden. Ook hier is de organische stof amorf.

In deze bodems kunnen zogenaamde ijzerhardlagen voorkomen die kunnen leiden tot schijngrondwaterspiegels. Deze zijn gevormd in de grove fluvioglaciale afzettingen op de Friezenberg.

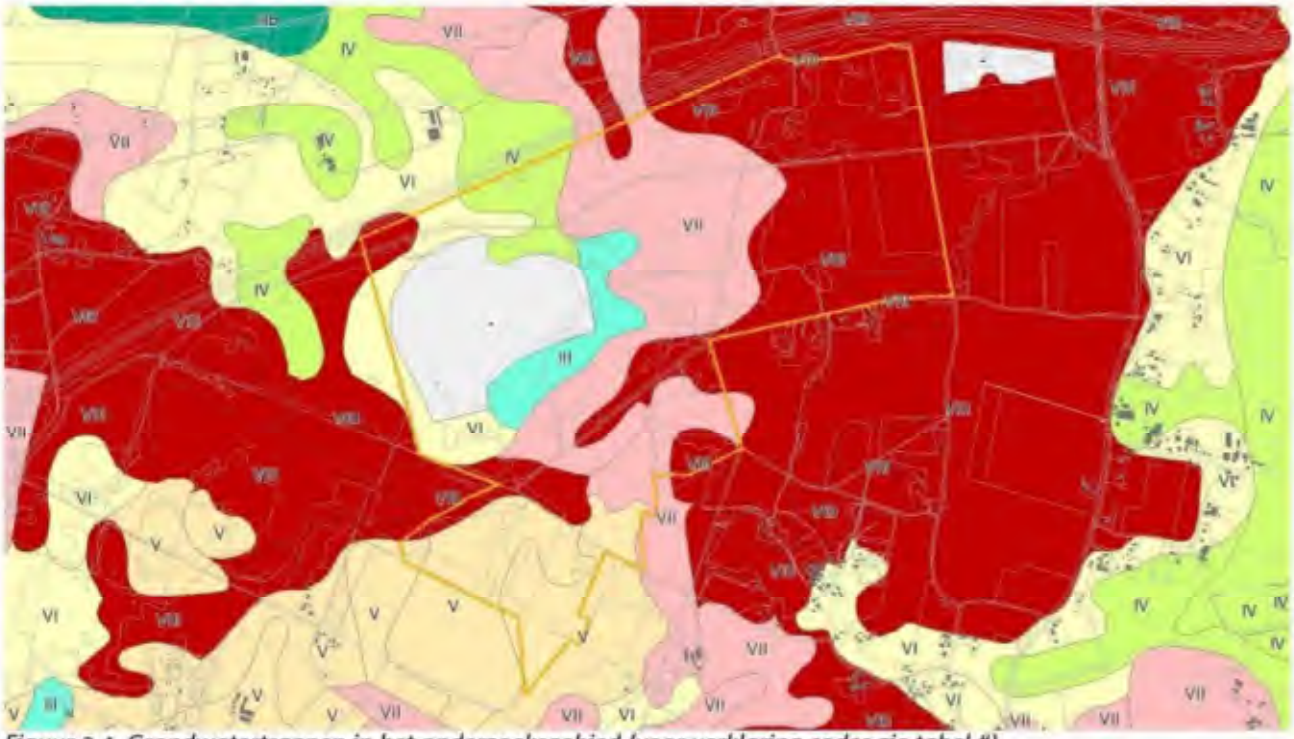
Oude Kleigronden
Het voorkomen van oude kleigronden (KX) hangt in dit gebied samen met de aanwezigheid van keileem, die binnen 40 cm diepte begint. Er is geen verdere onderverdeling gemaakt naar de aard van de bovengrond of de textuur. Ook wanneer in het dekzand en/of keizand boven de keileem een podzolprofiel is gevormd, worden deze gronden tot de oude kleigronden gerekend.
In het gebied komen deze gronden voor bij de Hocht. Vaak hebben ze een dun laagje (<40 cm) dekzand en/of keizand voordat de keileem begint. In het gebied is op veel plaatsen de keileem gewonnen. Na afgraving van een 1 à 2 m dik keileempakket zijn deze gronden weer in gebruik genomen als grasland en bouwland.

Veengronden
De in het gebied voorkomende veengronden bevinden zich in de legende-eenheid lg Moeras. Het veen is gerijpt, maar de bovengrond is veraard. In de zandondergrond is geen humuspodzol-B-horizont tot ontwikkeling gekomen. De diepte van de zandondergrond varieert sterk, maar is zelden meer dan 150 cm. De veendikte is langs de westrand het grootst. Vrijwel overal rust het veen op een kalkloze meerbodem. Het veen bestaat bovenin uit verwerkt heide- en veenmosveen. Tussen het veen en de zandondergrond is een meerbodem-afzetting aanwezig. Deze kan functioneren als (relatief) ondoorlatende laag, hetgeen stagnatie van (regen)water in het veen bevordert.

3.6. Hydrologie

Regionaal grondwatersysteem
Uit het isohypsenpatroon blijkt dat de grondwaterstromingen in de zuid-zuidwest-noord-noordoost. Grondwater stroomt af vanaf de Friezenberg en vanaf het gebied ten noordwesten van de Hocht in de richting van het Elsenerveen (Kleijberg & Sloukes, 1989).
De akkers van de Apenberg die op de Stuwwal van Rijssen aan de oostzijde van het onderzoeksgebied liggen onderscheiden zich met name door het voorkomen van hoge zwarte enkeerdgronden. Het infiltratiewater, dat verrijkt is met nutriënten, stroomt mogelijk voor een deel over de keileem af in noordwestelijke richting. Dit grondwater zijgt weg in de zandige ondergrond. Met name de bodembeschrijving van de boorlocatie B28D0065 in de randen van de Bovenberg laat dat zien (figuur 3.3 en bijlage 1). Deze 23 meter diepe boring laat alleen op een diepte van ongeveer 16 meter diepte een leemlaag zien die in de andere lager gelegen boringen niet meer terug komt.
Ook de boringen in de laagste delen van de gradiënt (transect 1: B28D0413, B28D0379 en transect 2: B28D0547 en B28D0378) laten zien dat in dit traject alleen zand aanwezig is en zijn er geen aanwijzingen dat het Elsenerveen en de randzone beïnvloed worden door vermest grondwater (Bijlage 1, figuur 3.3). Vanuit de vegetatie zijn hier het veld ook geen aanleiding voor.
De grondwaterstanden in de diepe ondergrond van het Elsenerveen zijn lager dan in het veen zelf en de randzone; er is sprake van een lokaal hydrologisch systeem (met een schijngrondwaterspiegel) dat niet beïnvloed wordt door regionaal grondwater. Het Elsenerveen wordt gevoed met lokaal grondwater dat stagneert op de ondoorlatende gliedelaag. Dit geldt ook voor de oostelijk van het Elsenerveen gelegen gronden die een grondwatertrap III hebben (figuur 3.4). Dit de belangrijkste reden dat het Elzenerveen verdroogd is. Op basis hiervan kan uitgesloten worden dat het onderzoeksgebied wordt beïnvloed door de akkers op de stuwwal op de Stuwwal van Rijssen.

Figuur 3.3. Ligging boorlocaties in de twee transecten (rood = transect 1, groen = transect 2)



Figuur 3.4. Grondwatertrappen in het onderzoeksgebied (voor verklaring codes zie tabel #)

Tabel #. Verklaring van de codes van de grondwatertrappen (figuur 3.5.)

Grondwatertrap	Gemiddeld hoogste grondwaterstand (cm mv)	Gemiddeld laagste grondwaterstand (cm mv)
I	<20	<50
II	<40	50-80
III	<40	80-120
IV	>40	80-120
V	<40	>120
VI	40-80	>120
VII	>80	-
VIII	>140	-

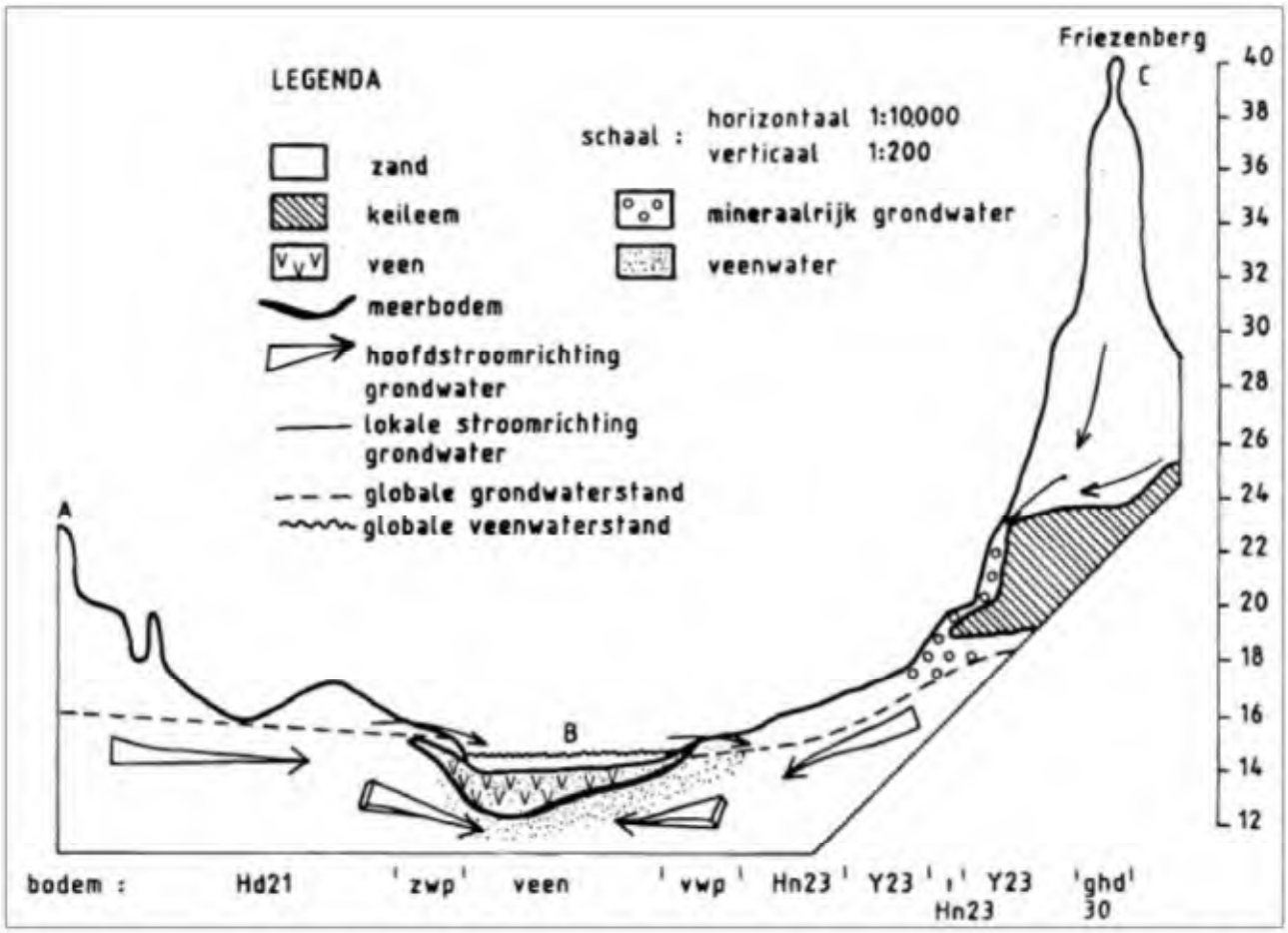
3.7. Gradiënten

Op de Borkeld is een mooie gradiënt van hoog naar laag, van zand naar leem naar veen en droog naar nat aanwezig (figuur 3.5.). Op basis van de beschikbare gegevens ten aanzien van de geologie, geomorfologie, bodem en grondwater kan het onderzoeksgebied van de Borkeld onderverdeeld worden in de volgende landschapseenheden (naar Kleijberg & Sloukes, 1989):

- 1. Elsenerveen, zeer nat, gekarakteriseerd door hoogveen-soorten.
- 2. Randzone van het Elsenerveen, nat, gekenmerkt door Pijpenstrootje en kleine zeggensoorten.
- 3. Gebieden met ondiepe keileem (De Hocht, Friezenberg), gekenmerkt door aan schijngrondwaterspiegels.
- 4. Relatief natte zandgronden met veld- en haarpodzolen.
- 5. Relatief droge zandgronden met holtpodzolgronden.

Tabel # Overzicht van landschappelijke eenheden met kenmerken

Eenheid	Geologie	Geomorfologie	Bodem	Grondwater
1	Veenpakket wisselend in dikte met slecht doorlatende meerbodemafzetling op zandondergrond.	Moerassige laagte zonder randwal.	Vlierveengronden	Hoge waterstanden (GWT I). Mineraalarm, sulfaatrijk enigszins geëutrofieerd water.
2	Dekzanden, plaatselijk overstoven veen	Gordeldekzandwelving, vlakte van ten dele verspoelde dekzanden.	Moerige podzolgronden.	Hoge grondwaterstanden. (GWT III en IV).
3	Ondiepe, dikke keileempakketten, plaatselijk afgegraven	Grondmoreneglooiing bedekt met dekzand, laagtes ontstaan door afgraving en smeltwaterheuvel.	Ondiepe kleigronden. Plaatselijk moerige podzolgronden en haarpodzolgronden.	Schijngrondwaterspiegels. Mineraalarm grondwater. Mineraalrijk water onder de keileem.
4	Fluvioglaciale afzettingen en dekzanden.	Verschillende geomorfologische vormen	Veldpodzolen en haarpodzolen	Voornamelijk diepe grondwaterstanden (GWT VII). Mineraalarrn infiltratiewater.
5	Fluvioglaciale afzettingen en dekzanden.	Kameterras, smeltwaterglooiing	Holtpodzolen	Voornamelijk diepe grondwaterstanden (GWT VII). Mineraalarrn infiltratiewater



Figuur 3.5. Geohydrologische doorsnede Friezenberg – Elsenerveen met de bodemtypen op de y-as vormen is de basis van de bijzondere vegetatiegradiënt (Kleijberg & Sloukes, 1989)(Van rechts naar links - van hoog naar laag).

4. Biotische beschrijving

4.1. Ecologische randvoorwaarden

In deze paragraaf worden de abiotische randvoorwaarden beschreven van de habitattypen vochtige heide en heischraal grasland.

Heischrale graslanden

Voor de abiotische randvoorwaarden (Runhaar et al. 2009) wordt volledig uitgegaan van de omstandigheden van de vier associaties die tot het verbond der heischrale graslanden worden gerekend. Dit zijn de Associatie van Liggend walstro en Schapengras, de Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras en de Associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem (Schaminée et al. 1996)(Smits et al. 2016).

Zuurgraad

De optimale zuurgraad omvat een traject van 4,5-6,5 (pH-H2O). Als de zuurgraad is gedaald tot onder de 4 kan het type niet voorkomen. Binnen het optimale traject is er nog wel verschil tussen de samenstellende vegetatietypen

Voedselrijkdom

De optimale voedselrijkdom bestaat uit de klasse zeer voedselarm tot licht voedselrijk. Bij verdere eutrofiëring kan het type niet voorkomen. Kritische waarde stikstofdepositie (critical load): 714 mol N/ha/jr.

Vochttoestand

De optimale vochttoestand voor het habitattype heischraal is droog tot nat. De gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand: nat tot vochtig (grondwaterstand 10 tot 50 cm onder maaiveld). Plaatselijk eventueel iets droger.

Vochtige heiden

Voor de ecologische randvoorwaarden wordt uitgegaan van de omstandigheden van de Associatie van Gewone dophei (Schaminée et al. 1995)(Smits et al. 2020).

Zuurgraad

De optimale zuurgraad omvat een traject van matig zuur tot zuur met een pH-H20 < 5,5. Dit is het kernbereik van de zuurgraad voor het habitattype. Suboptimaal zijn zwak zure situaties met een pH tussen 5,5 en 6,0. Dit aanvullend bereik omvat condities waarbij het habitattype niet duurzaam in goed ontwikkelde vorm in stand kan worden gehouden, maar die wel een waardevolle aanvulling kan leveren in de vorm van soortenrijke overgangssituaties naar Heischrale graslanden (H6230) en Blauwgraslanden (H6410) (Runhaar et al. 2009).

Voedselrijkdom

Het kernbereik voor de voedselrijkdom waarbij de goed ontwikkelde vormen van het habitattype kunnen voorkomen, omvat alleen de klasse zeer voedselarm. Het aanvullend bereik, waarbinnen minder kenmerkende vegetaties kunnen voorkomen, omvat de klassen matig voedselarm en licht voedselrijk (Runhaar et al. 2009).

Vochttoestand

Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand (GVG) tussen de 5 cm +mv en 25 cm –mv. Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG): 0-30 cm –mv, suboptimaal: 30-50 cm –mv.

4.2. Bodem en Vochttoestand

Aan de hand van de hierboven beschreven biotische randvoorwaarden van de habitattypen en eigenschappen van bodem en grondwater kan geconcludeerd worden dat de standplaatscondities van veldpodzolgronden; lemig fijn zand (Hn23), Holtpodsolgronden (Y23), Lg Moeras en Moerige podzolgronden (zWp) geschikt zijn voor de ontwikkeling van de habitattypen Heischraal grasland en Vochtige heide (tabel #). De ondiepe keileem (KX) is zeer geschikt zijn voor het ontwikkelen van heischrale graslanden en vochtige heiden. In figuur 4.2. worden de potentiële locaties voor ontwikkeling van vochtige heide en heischraal grasland in beeld gebracht.

Tabel # Relatie tussen ontwikkeling habitattypen en Bodemtype en Grondwatertrap (GWT)

Landschappelijke eenheid	Bodem	GWT	Habitattype
5	Hd21	VIII	-

4	Hn23	III / IV / VII	Heischraal (droog & vochtig) en Vochtige heide
4	gH010	VIII	-
3	KX	V	Heischraal (droog en vochtig)
1	Lg Moeras	I / II	Heischraal (droog en vochtig) en Vochtige heide
5	Y23g	VIII	Heischraal (droog)
2	zWp	VI	Heischraal (vochtig) en Vochtige heide

Figuur 4.1. Geschikte bodemtypen voor ontwikkeling van vochtige heide en heischraal grasland (zie ook tabel #).

Figuur 4.2. Ligging van niet afgeplagde percelen met een voormalig landbouwgebruik in het onderzoeksgebied

4.3. Voedselrijkdom

In de abiotische randvoorwaarden wordt ook aandacht besteed aan de optimale voedselrijkdom van de bodem. Deze liggen in het traject zeer voedselarm tot licht voedselrijk. Vanuit deze randvoorwaarde moet geconstateerd worden dat de voormalige landbouwgronden die in de jaren '90 niet zijn afgeplagd (nog) niet geschikt zijn voor ontwikkeling van vochtige heide en heischraal grasland (de nalevering van fosfaat is nog te groot)(figuur 4.2.). Maar nu wel al Kruiden- en faunarijk grasland of Kruiden- en faunarijke akker een belangrijke bijdrage leveren aan de variatie en soortenrijkdom in het gebied. In de volgende paragraaf wordt ingegaan op vier perceel die in dit kader nadere aandacht verdienen.

4.4. Potentiële percelen

In het gebied is in het verleden al een groot deel van de voormalige landbouwgronden afgeplagd (figuur 4.3.). Op deze gronden komen deels al (pionier)stadia van heischrale grasland en vochtige heide voor. Hier kunnen door een aanvullend beheer tot goed ontwikkelde habitattypen worden ontwikkeld. In figuur 5.2 wordt aangegeven welke habitattypen ontwikkeld kunnen worden$.

#

Figuur 4.3. Ligging van afgeplagde percelen in het onderzoeksgebied

In figuur 4.4. wordt op vier percelen nader ingezoomd die vanuit hun potenties en ligging in aanmerking komen om te vormen naar een heischraal grasland/vochtige heide. Perceel 1 is een akker met een landbouwkundige functie die net buiten ligt net buiten de begrenzing van het N2000-gebied ligt en in particulier eigendom is. Deze akker ligt echter wel in de gradiënt voor ontwikkeling van heischraal grasland en vochtige heide. Hoewel het agrarisch beheer van deze akker nu een extensief karakter heeft bestaat het risico dat met intensivering van dit gebruik de westelijk gelegen percelen verrijkt worden met meststoffen. Vanuit dit perspectief is het gewenst om dit perceel om te vormen naar een natuurfunctie.
Perceel 2 en 3 liggen in de randzone van het Elsenerveen. In de hele randzone van het Elsenerveen liggen kansen op ontwikkeling van Vochtige heide en heischraal grasland.
Perceel 4 ligt op de flank van de Friezenberg. Uit het veldbezoek kwam naar voren dat hier een lemige bodem aanwezig is (en daarmee met kansen voor ontwikkeling van heischraal grasland)
Om een goed beeld te krijgen van de aanwezigheid van de voedselrijkdom moet voor de percelen 2, 3 en 4 een bodemchemisch onderzoek plaats vinden om een goed beeld te krijgen van de fosfor-concentraties in de toplaag en tot welke diepte de bodem verrijkt is. Aan de hand van deze informatie kunnen natuurpotenties in beeld gebracht worden en aanvullende inrichtingsmaatregelen worden genomen. Als perceel 1 de functie natuur heeft is deze actie ook voor dit perceel gewenst.

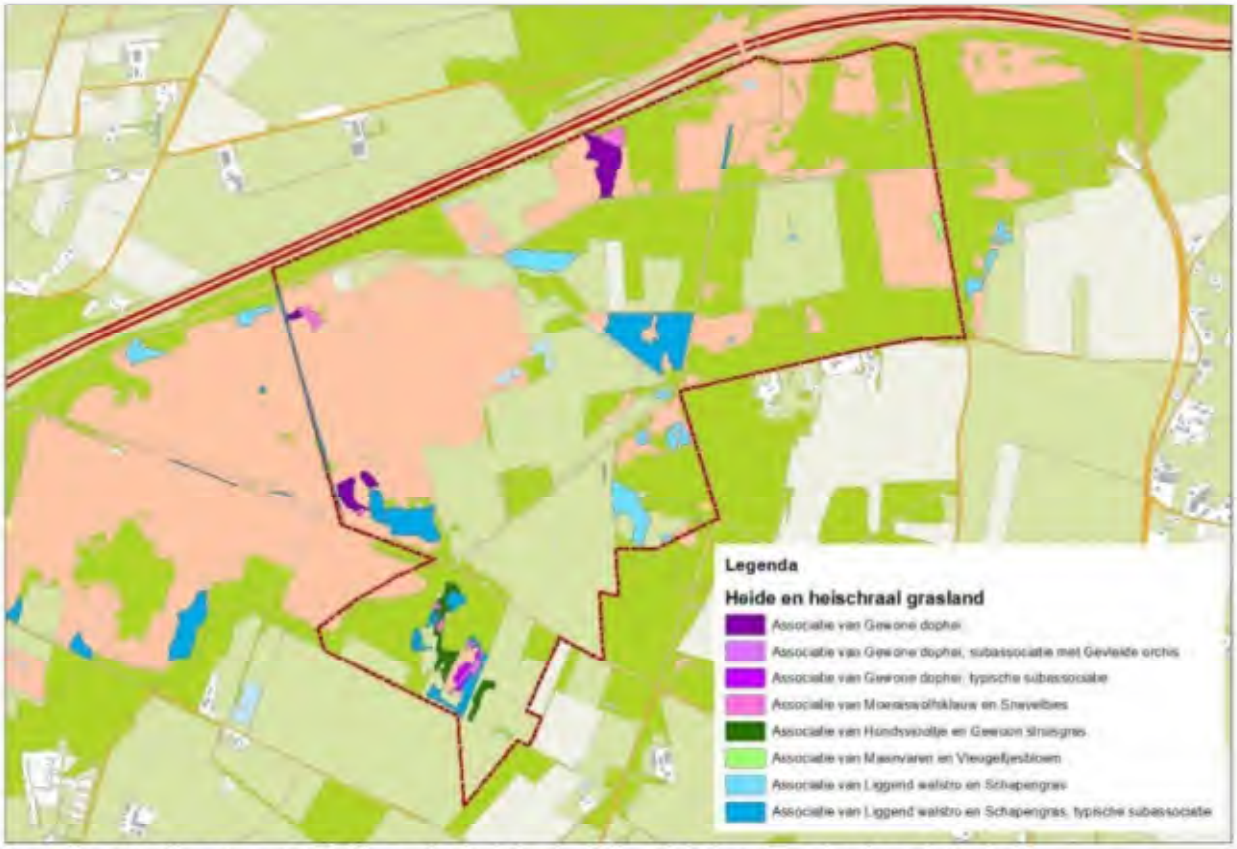
Figuur 4.4. Percelen waar nader bodemchemisch onderzoek gewenst is

.

5. Resultaten en conclusies

Met de uitkomsten van abiotische beschrijvingen en deze te koppelen aan de biotische randvoorwaarden van vochtige heide en heischraal grasland is in beeld gebracht waar kansen liggen voor ontwikkeling van deze habitattypen. #van inrichtingsmaatregelen en mogelijk beperken (of zelfs stoppen) van mestgiften in de intrekgebieden.

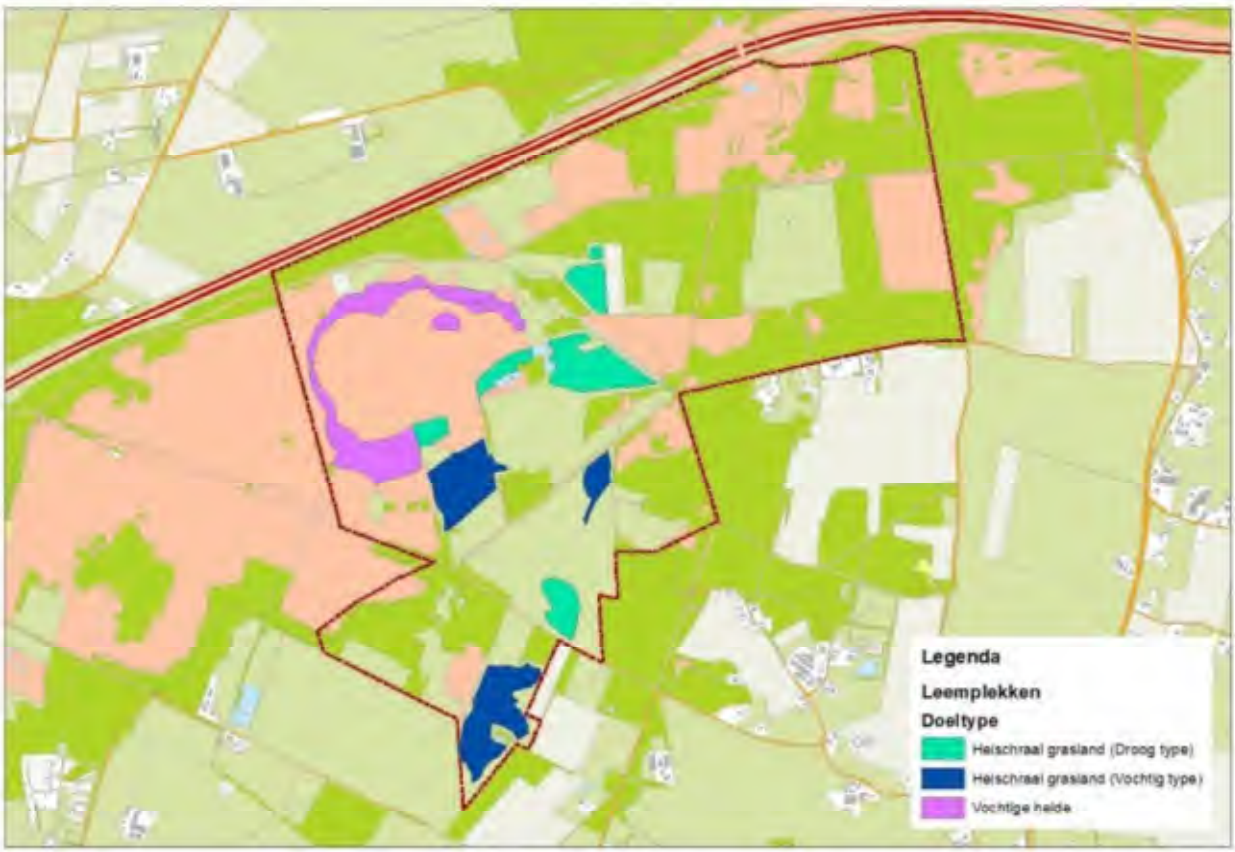
Huidige verspreiding van vochtige heide en heischraal grasland
Figuur 5.1. geeft aan waar de huidige locaties van vochtige heide en heischraal grasland bij de laatste vegetatiekartering uit 2018 de verschillende associaties aanwezig zijn (Langbroek & Aptroot, 2018). Het habitattype Vochtige heide bestaat uit de Associatie van Gewone dophei (met subassociaties) en Associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies. De Associatie van Hondsviooltje en Gewoon struisgras, Associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem behoren tot het vochtig heischraal grasland, en Associatie van Liggend walstro (beide subassociaties) kan tot het droog heischraal grasland gerekend worden.



Figuur 5.1. Huidige aanwezigheid van de Vochtige heide en Heischraal grasland op de Borkeld

Potentiële locaties van vochtige heide en heischraal grasland
In figuur 5.2. geeft aan waar in potentie vochtige heide en heischraal grasland ontwikkeld kan worden. In terreindelen met uitzondering van de percelen in figuur 4.4. zijn al ingericht, dat wil zeggen dat de voedselrijke laag is afgegraven. Het gaat hierbij om percelen die 10 tot 15 jaar geleden zijn afgeplagd, en delen die in het kader van de herstelmaatregelen N2000 zijn afgeplagd. Het gaat daarbij om de randzone van het Elsenerveen. In de percelen die al langer geleden zijn afgeplagd vindt ook al een eerste vegetatiekundige ontwikkeling plaats in de richting van vochtige heide, heischraal grasland of droge heide.

Overgangsbeheer
Er ontwikkelt zich in de open pioniersituatie echter ook veel opslag van Ruwe berk, Zwarte els en Wilg. Daarom is het op alle terreindelen van groot belang dat er een overgangsbeheer van maaien en afvoeren wordt uitgevoerd.
Het is tDe percelen 2 t/m 4 die in figuur 4.4. worden aan



Figuur 5.2. Potentiële locaties voor de ontwikkeling van Heischraal grasland en Vochtige heide op de Borkeld

Afbeelding #. Verkitte-B op de noordoever van het Elsenerveen na plagwerkzaamheden

Gerefereerde literatuur

Aggenbach, C.J.S., A. P. van den Berg, C.J. de Leeuw, .A. Moning, F.W. Overweg & M.F. Spek, 2017. Gebiedsanalyse Borkeld Programmatische Aanpak Stikstof. Gedeputeerde Staten van Overijssel, 2017.

Bell, J.S. & J.W. van 't Hullenaar (2014). Ecohydrologisch onderzoek en herstelplan Elsenerveen. Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau in opdracht van de Provincie Overijssel.

Beije, H.M., A.J.M. Jansen, L. van Tweel-Groot, M.A.P. Horsthuis & N.A.C. Smits, 2020. Herstelstrategie H7150: Pioniervegetaties met snavelbiezen.

Dijkink, H.J. 1923. De bodem rond Markelo. Proeve eener geologische beschrijving van Markelo en omgeving. H. Veenman en zonen, Wageningen.

Ebbers, G. & R. Visschers, 1983. Toelichting bij kaartblad 28 West Almelo. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Horsthuis, M.A.P. & A.Th.W. Eysink (2022). De Friezenberg, een gradiënt opnieuw beschreven, Stratiotes (in druk)

Kleijberg, R.J.M. & K.J. Sjoukes, 1989. Ecohydrologisch onderzoek "De Borkeld". Bureau voor landschapsoecologische onderzoek LP&B.

Langbroek, M. & A. Aptroot, 2018. Vegetatie- en plantensoortenkartering De Borkeld en Entervenen 2018. Ecologisch onderzoeks- en adviesbureau Van der Goes en Groot in opdracht van Staatsbosbeheer.

Prakken, R., 1927. De Friezenberg. De Levende Natuur. Jrg. 31 (10): 296-301.

Runhaar, H., M.H. Jalink, H. Hunneman, J.P.M. Witte & S.M. Hennekens 2009. Ecologische vereisten habitattypen. KWR 09-018, 45 pp.

Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff (1995b). De vegetatie van Nederland. Deel 2. Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden. Opulus press, Uppsala/Leiden. 360 pp

Schaminée, J.H.J., R. Haveman, S. Hennekens, M. Horsthuis, J. Janssen, I. de Ronde, N. Smits & K. Sykora, 2019. Veldgids Plantengemeenschappen van Nederland. KNNV-uitgeverij.

Smits, N.A.C., H.M. Beije, A.J.M. Jansen, L. van Tweel-Groot, J. Smits & J.J. Vogels, 2020. Herstelstrategie H4010A: Vochtige heiden (hogere zandgronden).

Smits, N.A.C., R. Bobbink, A.J.M. Jansen & H.F. van Dobben, 2016. Herstelstrategie H6230: Heischrale graslanden.

Verstijnen, Y., M. Weijters & R. Bobbink, 2018. Potentiebepaling herstel/ontwikkeling heischrale graslanden Sallandse Heuvelrug en Borkeld.

Bijlagen

Bijlage 1. Beschrijving boorlocaties in twee transecten

Transect 1 (rood)

Nr.:	**B28D0560**	
X-coord.:	232290	
Y-coord.:	476200	
Maaiveld (m t.o.v. NAP):	29.00	
Bovenkant (m -mv)	Onderkant (m -mv)	Hoofdgrondsoort
0.00	0.30	zand
0.30	0.90	zand
0.90	2.50	zand
2.50	2.90	zand
2.90	3.00	leem
Nr.:	**B28D0548**	
X-coord.:	231940	
Y-coord.:	476480	
Maaiveld (m t.o.v. NAP):	22.00	
Bovenkant laag (m -mv)	Onderkant laag (m -mv)	Hoofdgrondsoort
0.00	0.20	zand
0.20	0.60	zand
0.60	1.30	zand
1.30	3.00	zand
Nr.:	**B28D0400**	
X-coord.:	231580	
Y-coord.:	476410	
Maaiveld (m t.o.v. NAP):	19.50	
Bovenkant (m -mv)	Onderkant (m -mv)	Hoofdgrondsoort
0.00	0.10	zand
0.10	1.90	zand
1.90	1.95	leem
Nr.:	**B28D0379**	
X-coord.:	231420	
Y-coord.:	476450	
Maaiveld (m t.o.v. NAP):	16.41	
Bovenkant (m -mv)	Onderkant (m -mv)	Hoofdgrondsoort
0.00	0.50	zand
0.50	2.00	zand
2.00	2.20	zand
2.20	2.30	zand
2.30	4.00	zand
Nr.:	**B28D0413**	
X-coord.:	231220	
Y-coord.:	476661	
Maaiveld (m t.o.v. NAP):	14.88	
Bovenkant (m -mv)	Onderkant (m -mv)	Hoofdgrondsoort
0.00	0.75	zand
0.75	1.20	zand

1.20	1.25	grind
1.25	6.00	zand

Transect 2 (groen)

Nr.:	**B28D0065**	
X-coord.:	232390	
Y-coord.:	476835	
Maaiveld (m t.o.v. NAP):	21.40	
Bovenkant laag (m -mv)	Onderkant laag (m -mv)	Hoofdgrondsoort
0.00	0.80	zand
0.80	1.10	zand
1.10	7.80	zand
7.80	9.50	zand
9.50	14.70	zand
14.70	16.20	zand
16.20	16.70	leem
16.70	17.20	zand
17.20	18.20	zand
18.20	18.90	zand
18.90	19.50	zand
19.50	22.00	zand
22.00	23.20	zand

Nr.:	**B28D0559**	
X-coord.:	232280	
Y-coord.:	476630	
Maaiveld (m t.o.v. NAP):	21.00	
Bovenkant laag (m -mv)	Onderkant laag (m -mv)	Hoofdgrondsoort
0.00	0.20	zand
0.20	0.70	zand
0.70	1.90	zand
1.90	2.00	leem
2.00	2.80	zand

Nr.:	**B28D0549**	
X-coord.:	231920	
Y-coord.:	476580	
Maaiveld (m t.o.v. NAP):	14.10	
Bovenkant laag (m -mv)	Onderkant laag (m -mv)	Hoofdgrondsoort
0.00	0.30	zand
0.30	0.40	veen
0.40	0.80	zand
0.80	1.00	zand
1.00	1.20	zand
1.20	2.00	zand
2.00	4.00	zand
Nr.:	**B28D0547**	
X-coord.:	231850	
Y-coord.:	476740	
Maaiveld (m t.o.v. NAP):	17.30	
Bovenkant laag (m -mv)	Onderkant laag (m -mv)	Hoofdgrondsoort
0.00	0,00-0,20	zand
0.20	0,20-0,50	zand

0.50	0,50-3,00	zand

Nr.:	B28D0378	
X-coord.:	231460	
Y-coord.:	477080	
Maaiveld (m t.o.v. NAP):	14.43	
Bovenkant laag (m -mv)	Onderkant laag (m -mv)	Hoofdgrondsoort
0.00	0.20	zand
0.20	0.80	zand
0.80	2.00	zand

Nr.:	B28D0559	
X-coord.:	232280	
Y-coord.:	476630	
Maaiveld (m t.o.v. NAP):	21.00	
Bovenkant laag (m -mv)	Onderkant laag (m -mv)	Hoofdgrondsoort
0.00	0.20	zand
0.20	0.70	zand
0.70	1.90	zand
1.90	2.00	leem
2.00	2.80	zand

$Is er een relatie tussen de lokale grondwatersystemen en het regionale grondwatersysteem?
Doel: Aan de hand van de grondwatermetingen kunnen grondwaterstromingen en daarmee de waterscheiding in kaart worden gebracht. Daarmee kan de invloedssfeer van het lokale en regionale grondwatersysteem in beeld gebracht worden op de aanwezige habitattypen. Deze onderzoeksopgave heeft een duidelijke relatie met het waterkwaliteitsonderzoek (ad. 3).
Werkwijze: Om inzicht te krijgen in de samenstelling van de bodem en in de lokale grondwaterstroming worden in een aantal raaien boorgaten gemaakt. Dit wordt gedaan door middel van een Edelmanboor, tot een diepte van 120 centimeter. Van de grondboringen wordt het bodemprofiel beschreven waarbij de kleur, structuur en dikte van elke bodemlaag wordt aangegeven.
Vervolgens wordt twee dagen a de boring in de boorgaten het waterpeil bepaald door middel van een peilklokje. Dit is alleen mogelijk bij de boorgaten waar het peil zich binnen 120 centimeter onder maaiveld bevond omdat de boorgaten niet dieper zijn.
De grondwaterstanden onder maaiveld werden door middel van het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN) omgezet in waterstanden ten opzichte van NAP. Op basis daarvan worden isohypsen gemaakt, die de stromingsrichting van het grondwater weergeven.
Om een goed beeld te krijgen van de grondwaterstroming is het ook noodzakelijk dat er boorgaten worden gemaakt in de aanliggende landbouwpercelen. Hiervoor is het wel noodzakelijk dat toestemming van de grondeigenaar wordt verkregen.
Tijdbesteding: De hoeveelheid tijd die hiermee gemoeid is hangt af van het aantal raaien dat wordt uitgezet. Een eerste inschatting is dat er (minimaal) vijf raaien gemaakt moeten worden en dat er Het onderzoek moet in de winter/voorjaarsperiode worden uitgevoerd. Voor onderzoek en analyse is naar schatting 5 dagen nodig en kan door SBB zelf worden uitgevoerd.

Ad. 3. 3. Wat is de grootte van het gebied waaruit meststoffen kunnen toestromen naar het Elsenerveen
Doel: Om de grondwaterkwaliteit en de invloed van het landbouwkundige gebruik van (aangrenzende) percelen in beeld te brengen zijn de grondwateranalyses van belang.
Werkwijze: De kwaliteitsmonsters worden genomen in een aantal boorgaten (schatting 25% van het totale aantal boorgaten). Deze analyse vindt in het voorjaar plaats. Bij dezelfde boorgaten werd bodemvocht bemonsterd op concentraties van (in ieder geval), nitraat-, ammonium, fosfaat en chloor concentratie gemeten.
Tijdbesteding: Dit onderdeel moet worden uitbesteed aan een gespecialiseerd bureau.

Herstel leefgebieden zadelsprinkhaan Gelderland

BALANS DIVERGENS

ONDERZOEKCENTRUM B ware

HERSTEL LEEFGEBIEDEN ZADELSPRINKHAAN GELDERLAND

Maatregelen ter verbetering van de bodemchemie, kruidenrijkdom, vegetatiestructuur en voedselkwaliteit in droge heide

In opdracht van: Provincie Gelderland

Opgesteld door: 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e en 5.1.2e

Projectnummer: 19-232

Datum: 19 mei 2021

NATUURBALANS – LIMES DIVERGENS BV

adviesbureau voor natuur & landschap

Radboud Universiteit, Toernooiveld 1
Postbus 6508, 6503 GA Nijmegen

T (024) 352 88 01

info@natuurbalans.nl
www.natuurbalans.nl

Rapporttitel	
Herstel leefgebieden zadelsprinkhaan Gelderland. Maatregelen ter verbetering van de bodemchemie, kruidenrijkdom, vegetatiestructuur en voedselkwaliteit in droge heide	
Getekend voor akkoord	
Naam en functie van vertegenwoordigingsbevoegde	5.1.2e directeur
Handtekening	
Datum	19 mei 2021

Colofon

© 2021 Natuurbalans - Limes Divergens BV & B-WARE / Provincie Gelderland

Tekst en samenstelling: 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e en 5.1.2e

Projectleiding: 5.1.2e

Eindverantwoordelijk: 5.1.2e

Projectnummer: 19-232

In opdracht van: Provincie Gelderland

Foto's omslag: Zadelsprinkhaan (Rob Felix)

Wijze van citeren: 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e & 5.1.2e 2021. Herstel leefgebieden Zadelsprinkhaan Gelderland. Maatregelen ter verbetering van de bodemchemie, kruidenrijkdom, vegetatiestructuur en voedselkwaliteit in droge heide. Natuurbalans - Limes Divergens BV, Nijmegen.

Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van scanning, internet, druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de provincie Gelderland, Natuurbalans - Limes Divergens BV en B-WARE, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Natuurbalans - Limes Divergens BV is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Natuurbalans - Limes Divergens BV. Provincie Gelderland vrijwaart Natuurbalans - Limes Divergens BV voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Natuurbalans - Limes Divergens BV is lid van het Netwerk Groene Bureaus, brancheorganisatie voor kwaliteitsbevordering en belangenbehartiging.

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Natuurbalans - Limes Divergens BV is gecertificeerd door EBN Certification en voldoet aan de eisen gesteld in de norm ISO 9001:2015.

INHOUD

1 INLEIDING 5
1.1 Achtergrond 5
1.2 Aanleiding 6
1.2.1 Beschermingsplan 2005 6
1.2.2 Beheer- & herstelplan 2018 6
1.2.3 Voorbereidingen habitatherstel 2019 8
1.3 Probleemstelling 8
1.4 Opdrachtformulering 8
1.5 Doelstelling 9
1.6 Leeswijzer 9

2 BIOTOOP EN HABITAT VAN DE ZADELSPRINKHAAN 11

3 BODEMCHEMIE EN HERSTELMAATREGELEN 13
3.1 Knelpunten in de bodemchemie 13
3.2 Herstelmaatregelen 13
3.2.1 Steenmeel 13
3.2.2 Bekalken met Dolokal 14
3.2.3 Combineren steenmeel en bekalken 14
3.2.4 Bovengrondse maatregelen 15
3.2.5 N/P-ratio 15
3.2.6 Inbrengen kruidensoorten 15

4 ONDERZOEKSGEBIEDEN EN -METHODEN 17
4.1 Onderzochte gebieden 17
4.2 Methoden 17
4.2.1 Bodemchemie 17
4.2.2 Vegetatie en structuur 18

5 OLDEBROEKSE HEIDE 19
5.1 Verspreiding zadelsprinkhaan 19
5.2 Ligging onderzoekslocaties 19
5.3 Vegetatie en vegetatiestructuur 20
5.4 Resultaten onderzoek bodemchemie 20
5.5 Maatregelen 22
5.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur 22
5.5.2 Herstel bodemchemie 22
5.5.3 Terugkeer van kruiden 23
5.5.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer 23
5.5.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Oldebroekse Heide 24
5.5.6 Verschillen met het advies van B-WARE 24

6 DOORNSPIJKSE HEIDE 25
6.1 Verspreiding zadelsprinkhaan 25
6.2 Ligging onderzoekslocaties 26
6.3 Vegetatie en vegetatiestructuur 26
6.4 Resultaten onderzoek bodemchemie 27
6.5 Maatregelen 28
6.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur 28
6.5.2 Herstel bodemchemie 28

6.5.3 Terugkeer van kruiden 29
6.5.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer 30
6.5.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Doornspijkse Heide 30
6.5.6 Verschillen met het advies van B-WARE 30

7 GROEVENBEEKSE HEIDE 31
7.1 Verspreiding zadelsprinkhaan 31
7.2 Ligging onderzoekslocaties 32
7.3 Vegetatie en vegetatiestructuur 32
7.4 Resultaten onderzoek bodemchemie 33
7.5 Maatregelen 33
7.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur 33
7.5.2 Herstel bodemchemie 34
7.5.3 Terugkeer van kruiden 34
7.5.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer 35
7.5.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Groevenbeekse Heide 35
7.5.6 Verschillen met het advies van B-WARE 35

8 ERMELOSE HEIDE 37
8.1 Verspreiding zadelsprinkhaan 37
8.2 Ligging onderzoekslocaties 38
8.3 Vegetatie en vegetatiestructuur 38
8.4 Resultaten onderzoek bodemchemie 39
8.5 Maatregelen 39
8.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur 39
8.5.2 Herstel bodemchemie 40
8.5.3 Terugkeer van kruiden 40
8.5.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer 41
8.5.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Ermelose Heide 41
8.5.6 Verschillen met het advies van B-WARE 41

9 HARSKAMP 43
9.1 Verspreiding zadelsprinkhaan 43
9.2 Ligging onderzoekslocaties 44
9.3 Vegetatie en vegetatiestructuur 45
9.4 Resultaten onderzoek bodemchemie 46
9.5 Maatregelen 49
9.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur 49
9.5.2 Herstel bodemchemie 49
9.5.3 Terugkeer van kruiden 49
9.5.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer 50
9.5.5 Overzicht herstelmaatregelen Harskamp 50
9.5.6 Verschillen met het advies van B-WARE 50

10 DE ZANDING 51
10.1 Verspreiding zadelsprinkhaan 51
10.2 Ligging onderzoekslocaties 51
10.3 Vegetatie en vegetatiestructuur 52
10.4 Resultaten onderzoek bodemchemie 52
10.5 Maatregelen 53
10.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur 53
10.5.2 Inzaaien kruiden 55
10.5.3 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer 55

10.5.4 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen De Zanding 56
10.5.5 Verschillen met het advies van B-WARE 56

11 PLANKEN WAMBUIS 57
11.1 Verspreiding zadelsprinkhaan 57
11.2 Ligging onderzoekslocaties 57
11.3 Vegetatie en vegetatiestructuur 58
11.4 Resultaten onderzoek bodemchemie 58
11.5 Maatregelen 58
11.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur 58
11.5.2 Herstel bodemchemie 58
11.5.3 Terugkeer van kruiden 59
11.5.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer 60
11.5.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Planken Wambuis 60
11.5.6 Verschillen met het advies van B-WARE 60

12 HET NATIONALE PARK DE HOGE VELUWE – GYMNASIUM VALLEI EN DEELENSE STRAAL 63
12.1 Verspreiding zadelsprinkhaan 63
12.2 Ligging onderzoekslocaties 63
12.3 Vegetatie en vegetatiestructuur 64
12.4 Resultaten onderzoek bodemchemie 64
12.5 Maatregelen 64
12.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur 64
12.5.2 Herstel bodemchemie 65
12.5.3 Inzaaien kruiden 65
12.5.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer 66
12.5.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Gymnasiumvallei en Deelense Straal 67
12.5.6 Verschillen met adviezen van B-WARE 67

13 HET NATIONALE PARK DE HOGE VELUWE – VERDRONKEN BOS 69
13.1 Verspreiding zadelsprinkhaan 69
13.2 Ligging onderzoekslocaties 69
13.3 Vegetatie en vegetatiestructuur 69
13.4 Resultaten onderzoek bodemchemie 69
13.5 Maatregelen 71
13.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur 71
13.5.2 Herstel bodemchemie 71
13.5.3 Inzaaien kruiden 71
13.5.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer 71
13.5.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Hoge Veluwe – Verdronken Bos 73
13.5.6 Verschillen met adviezen van B-WARE 73

14 NATIONAAL PARK VELUWEZOOM 75
14.1 Verspreiding zadelsprinkhaan 75
14.2 Ligging onderzoekslocaties 76
14.3 Vegetatie en vegetatiestructuur 77
14.4 Resultaten onderzoek bodemchemie 77
14.5 Maatregelen 77
14.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur 77
14.5.2 Herstel bodemchemie 77
14.5.3 Inzaaien kruiden 79
14.5.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer 80
14.5.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Veluwezoom 80

15 MULDERSKOP EN GROESBEEKSE BOS 81
15.1 Ligging onderzoekslocaties 81
15.2 Vegetatie en vegetatiestructuur 82
15.3 Resultaten onderzoek bodemchemie 82
15.3.1 Mulderskop 82
15.3.2 Groesbeekse bos 83
15.4 Maatregelen 83
15.4.1 Verbeteren vegetatiestructuur 83
15.4.2 Herstel bodemchemie 85
15.4.3 Inzaaien kruiden 86
15.4.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer 86
15.4.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Mulderskop 86
15.4.6 Verschillen met adviezen van B-WARE 87

16 HEUMENSOORD 89
16.1 Ligging onderzoekslocaties 89
16.2 Vegetatie en vegetatiestructuur 90
16.3 Resultaten onderzoek bodemchemie 90
16.3.1 Noordelijke heide 90
16.3.2 Zweefvliegveld 90
16.4 Maatregelen 91
16.4.1 Verbeteren vegetatiestructuur 91
16.4.2 Herstel bodemchemie 91
16.4.3 Inzaaien kruiden 91
16.4.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer 92
16.4.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Rijk van Nijmegen – Heumensoord 93
16.4.6 Verschillen met adviezen van B-WARE 93

17 SAMENVATTING EN CONCLUSIES 95

18 BRONNEN 97

BIJLAGE 1 BODEMCHEMISCH ONDERZOEK B-WARE 99

1 INLEIDING

1.1 ACHTERGROND

Nederland kent 50 soorten sprinkhanen en krekels (Bakker et al. 2015), waarvan er momenteel vier ernstig bedreigd zijn (Reemer 2012). Eén van die ernstig bedreigde sprinkhaansoorten is de zadelsprinkhaan *Ephippiger diurnus* Dufour, 1841 (Figuur 1.1).

Figuur 1.1. Een mannetje van de zadelsprinkhaan.

De zadelsprinkhaan is in Nederland momenteel een typisch Gelderse sprinkhaansoort. Populaties bevinden zich alleen op de Veluwe en in het Rijk van Nijmegen (grensoverschrijdend naar Limburg). Gelderland heeft hiermee een grote verantwoordelijkheid voor bescherming en behoud van de soort in Nederland.
Provincie Gelderland heeft de zadelsprinkhaan dan ook samen met 75 andere bedreigde soorten aangewezen als prioritaire diersoort. De prioritaire soorten staan genoemd in de Beleidsnota Actieve Soortenbescherming. Gelderland wil voorkomen dat deze prioritaire en typische Gelderse soort uit de provincie verdwijnt en maakt daartoe financiering van maatregelen mogelijk via de Subsidieregeling Vitaal Gelderland.

De zadelsprinkhaan is één van onze zeldzaamste heide-insecten en is zeker niet de enige soort binnen dit landschapstype die onder druk staat. Inmiddels is een groot aantal iconische soorten verdwenen of wordt ernstig bedreigd. Er zijn steeds meer aanwijzingen dat de oorsprong van deze problemen ligt bij bodemverzuring en het verdwijnen van mineralen uit de bodem als gevolg van de S-depositie uit het verleden, en de nog steeds te hoge N-depositie die tevens vermestend werkt. De hierdoor noodzakelijk geachte intensiteit van beheer in het recente

verleden (zoals grootschalig plaggen) heeft hierbij het verlies van mineralen versterkt (Siepel et al. 2018; Vogels et al. 2016, 2017).

1.2 Aanleiding

1.2.1 Beschermingsplan 2005

In een poging om de achteruitgang van de zadelsprinkhaan een halt toe te roepen is reeds in 2004 een onderzoek uitgevoerd dat heeft geresulteerd in een beschermingsplan (Reemer & Van Hoof 2005) (figuur 1.2). De in het plan voorgestelde maatregelen richtten zich voornamelijk op het vergroten van structuur in de vegetatie, zoals het tegengaan van verbossing, vergrassing en vermossing (Reemer & van Hoof 2005).

1.2.2 Beheer- & herstelplan 2018

Verdwijnen van populaties

Op termijn werd het duidelijk dat de soort het daarmee alléén niet zou gaan redden in Nederland. Ook in gebieden waar structuur en kale bodem nog ruim voorhanden waren, zoals bijvoorbeeld op Planken Wambuis en in Het Nationale Park de Hoge Veluwe, bleek de soort met sprongen achteruit te gaan. In gebieden waar de soort nog wel voorkwam was nauwelijks onderzoek gedaan naar ontwikkelingen van populaties. Evenmin was bekend welke van de in het plan voorgestelde maatregelen daadwerkelijk waren uitgevoerd, en of deze effect hebben gehad.

Figuur 1.2. Beschermingsplan zadelsprinkhaan en kleine wrattenbijter 2005 (Reemer & van Hoof 2005) en Beheer en herstelplan 2018 (Felix et al. 2019).

Het beschermingsplan uit 2005 was daarom aan een update toe. De status van prioritaire soort in Gelderland en de geconstateerde blijvende achteruitgang in verschillende gebieden gaven aanleiding tot een onderzoek in 2018, waarbij de kennis over het voorkomen van de soort geactualiseerd is en de staat van instandhouding per populatie bepaald is. De resultaten daarvan zijn gepubliceerd in het Beheer- en herstelplan 2018 (Felix et al. 2019) (figuur 1.2).

De resultaten van het onderzoek in 2018 waren niet bemoedigend voor de zadelsprinkhaan in Gelderland. De achteruitgang die zich al toonde in 2004, had zich duidelijk doorgezet. Verschillende populaties zijn in de loop van de tijd uitgestorven, en op enkele plaatsen is de populatieomvang zo ver afgenomen met gerede kans op lokaal uitsterven. In 2018 was nog 37% van de leefgebieden van de zadelsprinkhaan in Gelderland bezet ten opzicht van 2003 (tabel 1).

Tabel 1.1. Status en ontwikkeling van de zadelsprinkhaan per deelgebied, en de achteruitgang in Nederland tot 2018. Per gebied is de globaal ingeschatte grootte van de populaties symbolisch weergegeven met de volgende codering: ooo: flinke populatie; oo: kleinere populatie; kleine populatie. Ontwikkeling populatie: X uitgestorven; – – sterke afname; – afname; -/= lichte afname; = gelijk gebleven; =/+ lichte toename.

Gebied	1980-2003	2004	2018	Ontwikkeling
Doornspijkse Heide	OOO	OOO	OO	- / =
Elspeeter Veld	O			X
Elspeetsche Heide	OO			X
Ermelosche Heide	O			X
Groevenbeekse Heide	OO	OO		X
Harskamp	OOO	OO	O	–
Hoog - Buurlosche Heide	OO			X
Nationaal Park de Hoge Veluwe	OOO	OO		– –
Nationaal Park Veluwezoom	OOO	OO	OO	- / =
Mulderskop	OOO	O	O(O)	= / +
Oldebroekse Heide	OOO	OOO	OOO	=
Planken Wambuis	OO	OO		– –
Heideterreintje bij Roekelse Bos	O			X
Rozendaalse Veld	OO	O		X
Spoorlijn bij Wolfheze	O			X
De Zanding	OOO	OOO	OO	- / =
Bezette deelgebieden	16	10	6	
Afname t.o.v. 1980-2003		38 %	63 %	
Resterende populaties t.o.v. 1980-2003	100 %	62 %	37 %	

Uit het onderzoek in 2018 kwamen drie zeer waarschijnlijke oorzaken voor het verdwijnen van zadelsprinkhaan en andere typische heidefauna uit de Nederlandse heidegebieden naar voren. Deze oorzaken zijn alle het gevolg van verzuring en eutrofiering door depositie en ophoping van N-verbindingen, in combinatie met verkeerd natuurbeheer of het uitblijven van beheer. De drie genoemde oorzaken zijn:

1. Achteruitgang van de voedselkwaliteit van Struikhei (*Calluna vulgaris*) en verlies van kruidachtigen in het heidelandschap door veranderingen in de bodemchemie;
2. Verdwijnen van geschikte plekken voor ei-afzet en –ontwikkeling door vermossing van de bodem;
3. Afname van een open en diverse vegetatiestructuur door vergrassing en verbossing.

1.2.3 Voorbereidingen habitatherstel 2019

In 2019 is een projectplan opgesteld met daarin concrete werkzaamheden die uitgevoerd kunnen worden om het leefgebied van de Zadelsprinkhaan in de Gelderland te behouden, te verbeteren of te herstellen (Krekels et al., 2019).
Eén van de onderdelen hiervan is een bodem-chemisch onderzoek op mogelijk kansrijke locaties voor het leefgebied van de zadelsprinkhaan. Recent zijn er bemoedigende resultaten behaald in experimenten waarbij de bufferende werking van de bodem hersteld wordt (Vogels et al. 2018). Hiervoor worden kalk en/of verschillende typen steenmeel gebruikt. Soortenrijke kruidenvegetaties kunnen zich daardoor weer herstellen, alsmede de kwaliteit van het plantenmateriaal als voedsel voor onder meer sprinkhanen en krekels.
In het kader van het projectplan 2019 zijn kaarten van de leefgebieden opgesteld en voorgelegd aan de terreinbeheerders. Allen waren akkoord met het nemen van bodemmonsters (Krekels et al. 2019).

1.3 Probleemstelling

De bodem-chemische staat van de huidige leefgebieden van de zadelsprinkhaan is grotendeels onbekend. Wel is het op basis van de resultaten van het onderzoek in 2018 duidelijk dat de zadelsprinkhaan zich veelal beperkt tot de stuwwalgebieden die rijker aan mineralen zijn dan dek- of stuifzanden. Zadelsprinkhanen komen ook op armere vaaggronden voor, zoals in Het Nationale Park De Hoge Veluwe en in Planken Wambuis, maar op dergelijke bodems hebben de meeste zadelsprinkhaanpopulaties het erg zwaar of zijn er zelfs volledig van verdwenen (Felix et al. 2019). Ook binnen leefgebieden zijn de hoogste aantallen zadelsprinkhanen aanwezig in de terreindelen met de meest gebufferde en kruidenrijke bodem, zoals op Harskamp en Oldebroek (Felix et al. 2019).
Zoals reeds in Krekels et al. (2019) is geadviseerd zijn nauwkeurige en gedetailleerde gegevens nodig over de bodemchemie van de huidige en voormalige leefgebieden van de zadelsprinkhaan. Onderzoek is noodzakelijk waardoor de kruiden vrijwel volledig uit de droge heide zijn verdwenen in vergelijking met 20–30 jaar geleden.

Daarnaast is per terrein informatie gewenst over de staat van de bovengrondse onderdelen van de habitat van de zadelsprinkhaan:
1. goed ontwikkelde structuur van de heidevegetatie,
2. aanwezigheid van voldoende kale bodem.

Een eerste voorzet hiervoor is reeds uitgevoerd in 2018 (Felix et al. 2019). In dit stadium van het project is behoefte aan concrete maatregelen om de bovengrondse onderdelen van de habitat te verbeteren. Hiervoor zijn terreinbezoeken noodzakelijk waarbij de kansrijke locaties voor habitatherstel worden geselecteerd.

1.4 Opdrachtformulering

In opdracht van de Provincie Gelderland is de habitatkwaliteit onderzocht van alle huidige leefgebieden van de zadelsprinkhaan in Gelderland.

Hierbij is door Onderzoekcentrum B-WARE de bodemchemie onderzocht en vergeleken met referentiewaarden voor een goed ontwikkelde kruidenrijke droge heide (Weijters et al. 2020;

bijgevoegd als bijlage 1). Hierbij is B-WARE in nauw overleg met Natuurbalans te werk gegaan. Ook het Rijksvastgoedbedrijf, vertegenwoordigd door Arno Braam, is betrokken bij dit projectonderdeel.
De verzamelde gegevens zijn vergeleken met referentiegegevens uit kruidenrijke heides (GRIP-database van Onderzoekcentrum B-WARE), en eventuele knelpunten voor ontwikkeling/behoud van soortenrijke droge heide zijn benoemd. Met de verzamelde gegevens is een analyse gemaakt van de mogelijke herstelmaatregelen die genomen kunnen worden om de bodemchemie van de locatie te verbeteren. Ook zijn concrete herstelmaatregelen gegeven. Op deze manier kan het bodemchemische onderzoek niet alleen worden gebruikt voor herstel van de zadelsprinkhaan, maar ook bijdragen aan het verbeteren van de kwaliteit van het heide-habitat in de provincie Gelderland.

Door Natuurbalans is in opdracht van Provincie Gelderland de bovengrondse habitat van de zadelsprinkhaan onderzocht. De structuur van de vegetatie is onderzocht, naast de aanwezigheid van voldoende kale bodem en de aanwezigheid van kruiden. Per locatie zijn maatregelen geformuleerd om de bovengrondse habitat van de zadelsprinkhaan te optimaliseren.

1.5 Doelstelling

Doel van het onderzoek is om op basis van de resultaten concrete herstelmaatregelen voor te kunnen stellen om de vestiging van kruiden in de heide te verbeteren en de structuur van de heide middels beheermaatregelen te verbeteren.
Met het herstel van de voedingstoestand sturen we aan op de mogelijkheden tot een herstel van de plantengemeenschappen voor droge heiden als geheel. Omdat kruiden meestal niet spontaan terugkeren dienen deze te worden ingebracht via zaad en/of maaisel. Daarmee komen de voor zadelsprinkhanen vereiste kruiden en vegetatiestructuren weer terug in de heide. De sprinkhaan is daarbij een paraplu-soort die leidend is voor herstel van droge heide. Dat heeft ook positieve effecten voor overige bedreigde en beschermde fauna, zoals insecten, reptielen en vogels.

De resultaten van de onderzoeken van Onderzoekscentrum B-WARE en Bureau Natuurbalans-Limes Divergens worden beschreven in het voorliggende rapport. Het advies geeft de benodigde beheermaatregelen om het habitat voor de zadelsprinkhaan te herstellen. Deze informatie wordt gebruikt voor het overkoepelende herstelplan gericht op de zadelsprinkhaan, waar bijvoorbeeld ook voedsel-experimenten, het opkweken van sprinkhanen en eventuele herintroductie of populatieversterking deel van uit maken.

1.6 Leeswijzer

Na het voorliggende hoofdstuk 1, met een inleiding die de achtergrond, aanleiding, probleemstelling en doelstelling van voorliggend project beschrijft, wordt er in hoofdstuk 2 kort ingegaan op de belangrijkste aspecten van het leefgebied van de zadelsprinkhaan. In hoofdstuk 3 volgt een uiteenzetting van de in het algemeen belangrijkste mogelijkheden om de bodemchemie te herstellen. In hoofdstukken 4 t/m 15 worden de onderzochte leefgebieden en de geadviseerde maatregelen beschreven. Het rapport sluit af met een samenvattende conclusie in 16.

2 BIOTOOP EN HABITAT VAN DE ZADELSPRINKHAAN

De habitat van de zadelsprinkhaan bevindt zich in Nederland en België vrijwel geheel in de biotoop droge heide (Kleukers et al. 1997; Bakker et al. 2015).
Zadelsprinkhanen zijn erg warmteminnend, zeker in Nederland dat in het uiterste noorden van het areaal ligt. De soort vereist een hoge mate van terreinheterogeniteit: de aanwezigheid van verschillende micro-habitats is nodig voor het succesvol volbrengen van de levenscyclus. De vegetatie dient voldoende open te zijn zodat dieren zich kunnen opwarmen, maar ook gesloten genoeg om de warmte vast te houden en beschutting te bieden tegen predatoren en slechte weersomstandigheden. Ideaal is een mozaïek van goed ontwikkelde oude, maar compacte en volle struikheidepollen, afgewisseld met struiken en jonge boompjes, kruidachtige vegetaties en open zandige plekken (figuur 2.1).

Figuur 2.1. Het optimale biotoop van de zadelsprinkhaan op Harskamp: oude structuurrijke struikheide op een bodem met veel kaal zand en een rijke kruidenvegetatie op een mineraalrijke en voedzame bodem.

Voor het afzetten en ontwikkelen van de eieren is de zadelsprinkhaan afhankelijk van plekken met een kale bodem zonder dikke strooisellaag, in de directe nabijheid van structuurrijkere vegetaties. Een kale bodem kan door de zon worden opgewarmd en is droog genoeg om de eieren niet te laten beschimmelen door vocht, maar zal een klein beetje organisch materiaal in de bodem bevatten om volledige uitdroging te voorkomen. In sterk vermoste of met een strooisellaag bedekte bodems ontbreekt het juiste microklimaat voor een gunstige ei-ontwikkeling, waarschijnlijk als gevolg van te lage temperaturen en een te hoge vochtigheid.

Mannelijke zadelsprinkhanen hebben zangposten om vrouwtjes te lokken. Hiervoor worden struiken en verspreide opslag van jeneverbes, berk, eik of brem gebruikt, maar ook de toppen van oudere struikheipollen. Struweel is waarschijnlijk minder van belang indien alle andere factoren optimaal zijn.

Op plekken met een goede bezetting van zadelsprinkhanen zijn vaak veel kruiden aanwezig. Waarschijnlijk vormen deze kruiden en de geassocieerde insecten een onmisbaar onderdeel van het voedsel van de zadelsprinkhaan. Het dieet van de soort wordt in een ander deel van het project nader onderzocht door Stichting Bargerveen.

Voor een uitvoeriger uiteenzetting van verspreiding, habitat en leefwijze van de zadelsprinkhaan in Nederland wordt verwezen naar Felix et al. (2019).

3 BODEMCHEMIE EN HERSTELMAATREGELEN

3.1 KNELPUNTEN IN DE BODEMCHEMIE

De negatieve gevolgen van versnelde bodemverzuring in de Nederlandse zandgronden zijn een groot probleem, naast de verhoogde N-accumulatie in het systeem. Ook in de typische, van nature minder soortenrijke droge heide-variant is in de laatste decennia een verlies van soorten geconstateerd. Typische droge heide is nu vaak extreem soortenarm met enkel de meest taaie soorten die hier nog kunnen overleven (Struikhei, verschillende grassen en mos). De hoge accumulatieve N-depositie, en S-depositie uit het verleden, hebben gezorgd voor versnelde bodemverzuring. Dit resulteert in een lage pH, lage basenverzadiging, uitspoeling van basische kationen en toename van de beschikbare aluminiumconcentraties. Daarnaast heeft N-depositie ook een vermestend effect, en wordt bij een te zure bodem ammonium niet langer omgezet naar nitraat, waardoor hoge ammoniumconcentraties worden gemeten die voor veel doelsoorten toxisch zijn.

3.2 HERSTELMAATREGELEN

Indien uit het bodemchemisch onderzoek blijkt dat de bodem niet langer geschikt is voor het behouden of herstellen van een voor de zadelsprinkhaan vereiste kruidenrijke heide, is herstel een mogelijkheid. Indien er sprake is van een te weinig gebufferde bodem, kan de bodembuffering hersteld worden met als doel het

- verhogen beschikbaarheid basische kationen
- verlagen Al en Al/Ca-ratio
- verhogen basenverzadiging en pH.

Het verlagen van te hoge N-gehaltes in bodem en/of plant kan worden bereikt door de nitrificatie te stimuleren (omzetting van NH4 naar NO3) door de bodembuffering te verhogen, en/of door N af te voeren uit het systeem door te maaien, chopperen, branden of door drukbegrazing.

3.2.1 Steenmeel

Eén van de mogelijke middelen voor herstel van de bodembuffering is het gebruik van gemalen silicaatgesteente, ook wel steenmeel genoemd (van Diggelen et al., 2019). In de droge heide en stuifzandheide blijkt dit redelijk tot goed te werken. Het duurt 3 tot 5 jaar voordat de positieve resultaten op de bodemchemie duidelijk meetbaar zijn in de bodem. Vooral effecten op de calciumbeschikbaarheid, Al/Ca-ratio en basenverzadiging worden gemeten (Weijters et al, 2019; Verbaarschot et al. 2020). Het voordeel van een silicaatsteenmeel ten opzichte van een dolomietkalkgift is dat met silicaatsteenmeel naast Ca ook K en sporenelementen worden ingebracht. Er zijn momenteel verschillende, in proeven geteste, steenmeelproducten beschikbaar die in samenstelling verschillen. In de proeven uitgevoerd in de provincie Gelderland in droge- en vochtige heide blijkt het product Soilfeed tot goede resultaten te leiden (Vogels et al., 2020; Weijters et al., 2018, De Vries et al., 2019). Soilfeed bevat calcium- en kaliumleverende mineralen maar vrijwel geen P. Ook met Eifelgold zijn goede resultaten behaald, maar dit product is in Gelderland enkel getest in loofbos (De Vries *et al.,* 2018).

Eifelgold bevat naast calcium- en kaliumleverende mineralen ook wat fosfor. Het derde geteste steenmeel is Biolit. Biolit bevat nagenoeg geen kaliumleverende mineralen, maar wel ongeveer 10% calciummagnesiumcarbonaat (dolomiet) dat makkelijk oplost en wat fosfaat. Biolit bevat daarnaast ook langzaam verwerende silicaatmineralen die op de lange termijn calcium en magnesium kunnen leveren. Over het product Biolit heerst momenteel enige onzekerheid. De bijgeleverde en geaccrediteerde productbestanden geven aan dat het product veilig in gebruik is, maar er kan niet uitgesloten worden dat het product fijngemalen kwartskristallen bevat die schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid bij toediening. Voor een grootschalige toediening wordt dit product dan ook nog niet gebruikt in natuurgebieden in Nederland, kleinschalige toedieningen worden in de praktijk wel al toegepast (strookjes, plagbanen....).
In de adviezen in de volgende hoofdstukken wordt Biolit daarom niet genoemd als optie, maar het gegeven advies "Steenmeel + 1 ton dolokal" kan vervangen worden door een gift van 10 ton Biolit/ha. Biolit bevat mangaan en wat fosfor, en zou voor het herstellen van de voedselkwaliteit heel geschikt kunnen zijn.

3.2.2 Bekalken met Dolokal

Voor het behoud van de zadelsprinkhaan is het van belang om, binnen de mogelijkheden, voor snel herstel van de bodem te kiezen zodat de vegetatiesamenstelling (voedselaanbod) zo snel mogelijk verbeterd. Daarom wordt in dit project geadviseerd om dolomietenkalk (dolokal) of een ander kalkproduct te gebruiken zoals schelpenkalk of Biolit. Van kalkproducten is goed bekend dat deze binnen een jaar voor duidelijke verbeteringen van de bodembuffering zorgen die ook voor lange tijd kan aanhouden (Bobbink & van der Zee 2018)en dat dit kan zorgen voor een toename van kruiden in heide en heischrale graslanden, mits er nog zaadvoorraden aanwezig zijn.
Het gebruik van kalkproducten kan soms negatief uitpakken voor een deel van de invertebrate fauna (Vogels *et al., in prep.*), maar dit is enkel geconstateerd op plekken waar kalk is opgebracht na plaggen, of wanneer er een hoge dosering is opgebracht (meer dan 4-5 ton/ha) (Bobbink et al. 2018; Siepel et al. 2019). Bij het gebruik van kalkproducten in een lagere dosering (tot 4 ton/ha) zijn in bestaande droge en vochtige heides geen negatieve effecten op de fauna gemeten, ook niet na vijf tot zeven jaar (Weijters et al., 2019; Verbaarschot et al., 2020 en Wallis de Vries et al., 2019). Daarom wordt in dit project geadviseerd om (kleinschalig) te bekalken met dolomietenkalk, schelpenkalk of Biolit als snel herstel van de bodembuffering gewenst is.

3.2.3 Combineren steenmeel en bekalken

In het geval van gewenst snel herstel, maar een vermoeden van mineralen-onbalans (mangaan-tekort) en P-tekorten, is het combineren van een (dolomieten)kalkgift voor snel bufferherstel met een steenmeelgift (langdurige levering van basische kationen en sporenelementen en mogelijk P) een voor de hand liggende optie.
Met het combineren van steenmeel met kalkproducten is echter nog nauwelijks praktijkervaring. Uit proeven op de Strabrechtse Heide waar dolomietenkalk met Eifelgold is gecombineerd blijkt echter dat binnen drie jaar de bodembuffering verbetert. In deze proef is ook fosfaat toegediend in een deel van de proefvlakken. De resultaten van deze behandelingen op de fauna zijn echter nog niet beschikbaar. Het combineren van producten is dus nog een duidelijk kennishiaat, net als de interactie van bufferherstel met P-beschikbaarheid (Bobbink et al., 2019).

Met het oog op de urgentie om de zadelsprinkhaan te behouden dan wel de populaties uit te breiden wordt daarom geadviseerd om binnen terreinen meerdere opties kleinschalig toe te passen. Een deel van deze adviezen is gebaseerd op expert judgement, waarbij het risico op negatieve gevolgen op basis van de huidige beschikbare kennis als zeer klein wordt geschat.

3.2.4 Bovengrondse maatregelen

Het afvoeren van stikstof uit heidebodems zonder te plaggen is een moeilijke opgave. Een mogelijke maatregel is chopperen, gevolgd door enkele jaren van drukbegrazing om vergrassing te voorkomen of dominantie van grassen te doorbreken. Na chopperen wordt geadviseerd om te bekalken om een ammoniumpiek te voorkomen. Mogelijk kan maaien en afvoeren, eventueel in combinatie met begrazing, ook leiden tot afname van de ammoniumconcentratie in de bodem.
Een andere optie om ammonium af te voeren in droge heide is branden in de winter, gevolgd door drukbegrazing. Uit onderzoek van Vogels *et al.,* (2017) blijkt dat branden in droge heide als beheermaatregel kan leiden tot een verhoogde flux van nitraat en ammonium in de bodem en hogere concentraties uitwisselbaar kalium. Vanaf 3 jaar na branden en drukbegrazen waren in deze studie de ammonium- en nitraatconcentraties in de bodem sterk afgenomen en was de dominantie van grassen verminderd.

3.2.5 N/P-ratio

In het geval van een indicatie van een scheve N/P-ratio in de bodem door een zeer lage P-concentratie ten opzichte van ammonium en nitraat, kan gedacht worden aan het toedienen van fosfaat. Voor een snelle toename van P in de bodem kunnen Biolit of een P-meststof gebruikt worden. Dit wordt alleen geadviseerd bij lage stikstofbeschikbaarheid in de bodem vanwege het risico op verruiging van de vegetatie. Met de toediening van Eifelgold kan een geleidelijke toename van fosfaat gerealiseerd worden.

3.2.6 Inbrengen kruidensoorten

Na het nemen van bufferherstelmaatregelen of het afvoeren van ammonium wordt geadviseerd om het aandeel kruiden in de vegetatie te bevorderen door vers maaisel uit goed ontwikkelde kruidenrijke heide of heischraal grasland op te brengen, eventueel aangevuld met een adequaat zadenmengsel.
De beschikbaarheid van maaisel en/of zaaigoed is momenteel een onzekere factor en dient in de loop van het project nog nader uitgewerkt te worden.

Voor alle hierboven genoemde herstelmaatregelen is het ook van belang af te wegen of deze mogelijk schadelijk zijn voor aanwezige populaties van de zadelsprinkhaan. In dat geval dienen de plekken waar deze populaties voorkomen uitgespaard te worden.

4 ONDERZOEKSGEBIEDEN EN -METHODEN

4.1 ONDERZOCHTE GEBIEDEN

Op basis van het projectplan (Krekels et al., 2019) zijn in overleg met terreineigenaren, de volgende onderzoeksgebieden geselecteerd:

1. **Oldebroekse Heide**
2. **Doornspijkse Heide**
3. Groevenbeekse Heide
4. Ermelosche Heide
5. **Harskamp**
6. **de Zanding**
7. Nationaal Park de Hoge Veluwe (NPHV)
8. Planken Wambuis
9. **Nationaal Park Veluwezoom**
10. **Rijk van Nijmegen**

Op de vetgedrukte locaties komt momenteel nog zadelsprinkhaan voor, waarbij met name de populatie in Oldebroek in goede conditie, de aantallen op Veluwezoom hoog zijn, en die op Mulderskop een lichte positieve trend laat zien.
Op de overige locaties kwamen in het verleden zadelsprinkhanen voor, maar zijn deze (recent) uit het terrein verdwenen of staan deze op het punt te verdwijnen (Felix et al. 2019; Krekel et al. 2019).

In al deze terreinen zijn meest kansrijk geachte plekken gekozen op basis van het huidige of voormalige voorkomen van de zadelsprinkhaan en/of het voorkomen van kruiden en structuurrijke heidevegetaties.

4.2 METHODEN

4.2.1 Bodemchemie

In alle huidige leefgebieden van de zadelsprinkhaan in Gelderland zijn door Natuurbalans, in directe samenwerking met Onderzoekcentrum B-WARE, monsterlocaties gekozen met de grootste kansen op herstel. Criteria zijn historische en/of huidige vindplaats van de zadelsprinkhaan en het (recentelijk) voorkomen van kruiden in de heide (potentieel geschikt habitat).

Op 6, 7, 9, 14, 16, 17, 20 & 22 april 2020 en 11 & 12 juli 2020 zijn de locaties bemonsterd voor de bodemanalyse. De onderzoeksmethodieken en resultaten van de analyses zijn te vinden in het deelrapport van Onderzoekcentrum B-WARE (Weijters et al. 2020), bijgevoegd als bijlage 1.

4.2.2 Vegetatie en structuur

Op 7 juli 2020 is een bezoek gebracht aan het Verdronken Bos, Het Nationale Park De Hoge Veluwe, samen met 5.1.2e van de Unie van Bosgroepen. Op 22 oktober 2020 is een bezoek gebracht aan De Zanding, Planken Wambuis en de Gymnasiumvallei en de Deelense Straal in Het Nationale Park De Hoge Veluwe. Op 4 februari 2021 is een bezoek gebracht aan Harskamp, de Groevenbeekse Heide en de Ermelose Heide. Op 25 februari 2021 is een bezoek gebracht aan de Veluwezoom en de Doornspijkse Heide.

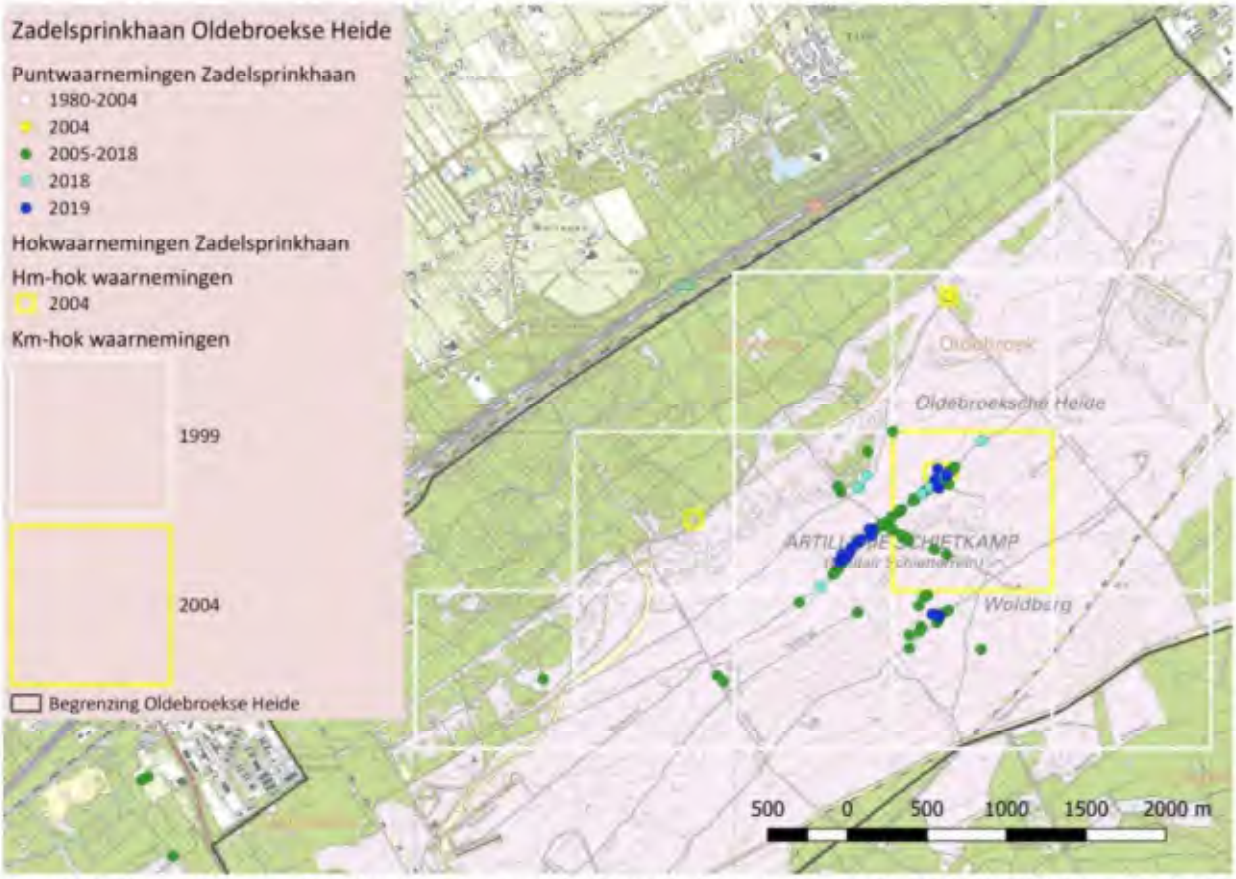
De vegetatiestructuur op de monsterlocaties is beoordeeld aan de hand van de biotoopeisen van de zadelsprinkhaan. Hierbij is gelet op de volgende elementen:

- Aanwezigheid van struikvegetatie in de vorm van oude struikheide, brem, of andere struiken of jonge boompjes.
- Vitaliteit van de struikheide.
- Aanwezigheid van kruiden.
- Vergrassing.
- Aanwezigheid van open zand voor ei-afzet.

5 OLDEBROEKSE HEIDE

5.1 VERSPREIDING ZADELSPRINKHAAN

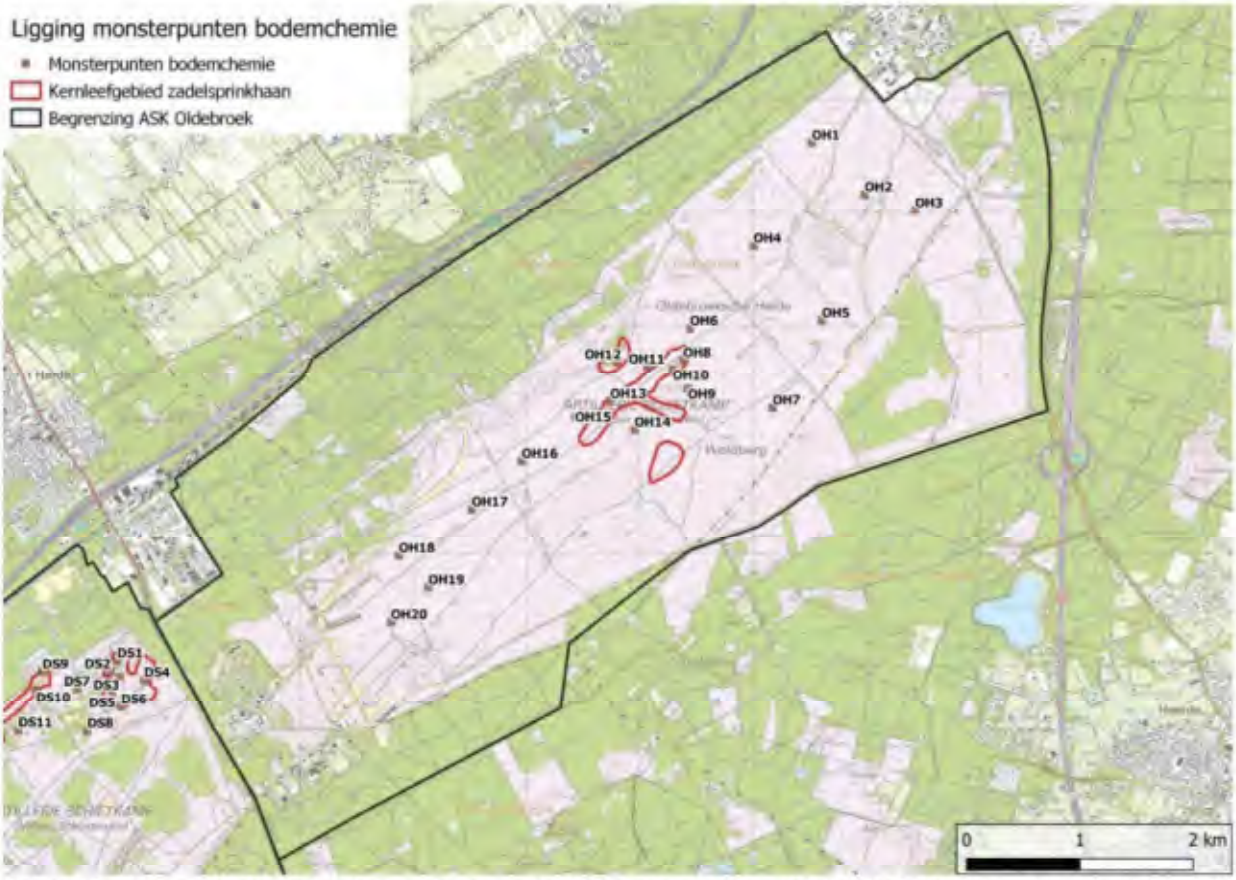
De verspreiding van de zadelsprinkhaan op de Oldebroekse Heide is weergegeven in figuur 5.1. Eind vorige eeuw kwam de soort verspreid over de hele heide voor (figuur 5.1). Sinds 2011 wordt er een monitoringroute gelopen voor de zadelsprinkhaan. Tijdens die onderzoeken zijn de hoogste aantallen waargenomen langs het pad door het doelengebied. In Gilissen (2016) en Felix et al. (2019) wordt verder ingegaan op het voorkomen van de zadelsprinkhaan op de Oldebroekse Heide tot 2018.



Figuur 5.1. Verspreiding van de zadelsprinkhaan op de Oldebroekse Heide in de periode 1980 tot 2019 (Bron: NDFF, EIS-bestand, inventarisatiegegevens Defensie, Stichting Bargerveen en Natuurbalans).

5.2 LIGGING ONDERZOEKSLOCATIES

De ligging van de bodemmonsterpunten is weergegeven in figuur 5.2. Hierin is tevens de ligging van het actuele kernleefgebied van de zadelsprinkhaan weergegeven.



Figuur 5.2. Ligging monsterpunten bodemchemie op de Oldenbroekse Heide. Het kernleefgebied van de zadelsprinkhaan is omcirkeld met een rode lijn.

5.3 VEGETATIE EN VEGETATIESTRUCTUUR

De heidevegetatie op de Oldebroekse heide is structuurrijk met naast oude struikheide relatief veel open zand door munitie-inslagen, grazige en kruidenrijke vegetaties en plaatselijk goed ontwikkelde bremstruwelen. Net als in een aantal andere populaties lijken de zadelsprinkhanen op de Oldebroekse heide een sterke voorkeur te hebben voor brem.
Als gevolg van een combinatie van branden en de functie als doelengebied is een open bodem op veel plaatsen in ruime mate voorhanden (inslagen) en ontbreekt een dikke strooisellaag (branden). Het hele gebied, ook buiten het doelengebied, wordt eens in de zes tot acht jaar gebrand.

5.4 RESULTATEN ONDERZOEK BODEMCHEMIE

De bodem-chemische parameters van de monsterpunten op de Oldebroekse Heide zijn weergegeven in tabel 5.1.
Locaties OH6 en 8 t/m 15 liggen in of in de directe omgeving van het huidige leefgebied van de zadelsprinkhaan. Hier zijn relatief weinig knelpunten geconstateerd voor de aanwezigheid van kruiden in de heide (tabel 5.1). Alleen op locaties OH8, 13 en 14 is de Ca-beschikbaarheid aan de lage kant. De Al/Ca-ratio is er met uitzondering van locatie OH13 laag met ratio's onder de 2 mol/mol. Ook de bodem-pH is er niet zeer laag (PH>3,0).

Tabel 5.1. Bodemchemische parameters Oldebroekse Heide. Metingen in zoutextractie in µmol/l, basenverzadiging (BV) in procenten, cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie bodem (P-t) in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. DH= droge heide. Groen= binnen referentiewaarden kruidenrijke heide, geel = net buiten range kruidenrijke heide, rood = ver buiten range kruidenrijke heide. Locaties in blauw liggen binnen of in de directe omgeving van het actuele leefgebied van de zadelsprinkhaan.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
OH1	DH	9,7	534	3,5	3,3	3066	2202	176	940	23	2,2	7	32	1,4	17,7	58,6	nee
OH2	DH	8,9	277	2,4	3,2	772	1455	553	1070	14	2,1	111	2763	0,5	23,1	35,8	ja
OH3	DH	2,8	452	1,4	3,4	369	932	274	704	3	2,8	2	11	0,4	15,2	14,7	nee
OH4	DH	11,9	496	2,5	3,4	942	1625	552	1125	24	3,4	7	193	0,6	20,0	34,6	nee
OH5	DH	8,1	311	1,5	3,3	579	2132	720	1680	63	1,9	21	871	0,3	27,0	34,4	ja
OH6	DH	5,5	584	4,7	4,0	1100	2065	423	856	339	1,3	406	1080	0,5	16,8	29,4	ja
OH7	DH	11,2	573	4,2	3,5	1180	1546	295	634	121	1,7	18	151	0,8	19,4	27,0	nee
OH8	DH	5,7	373	2,7	3,8	816	667	325	1188	73	0,8	20	147	1,2	22,2	23,2	nee
OH9	DH	4,1	2147	12,6	4,3	40	917	202	4117	39	6,0	24	64	0,04	65,5	21,1	nee
OH10	DH	6,3	1336	8,1	3,9	222	1634	393	3608	89	6,5	105	277	0,1	54,4	29,2	nee
OH11	DH	2,3	346	1,5	3,7	174	1018	354	584	43	1,6	11	193	0,2	38,5	10,9	nee
OH12	DH	8,9	655	3,0	3,4	329	2632	258	1533	127	11,6	136	342	0,1	49,6	39,5	nee
OH13	DH	4,2	751	3,3	3,6	1045	432	477	192	91	2,9	169	121	2,4	11,3	16,2	nee
OH14	DH	1,4	3461	24,2	4,5	111	479	280	1033	30	7,6	8	32	0,2	48,1	10,7	nee
OH15	DH	13,4	724	4,5	3,3	1482	1663	583	1335	77	1,4	14	1574	0,9	21,5	45,7	ja
OH16	DH	10,9	550	2,9	3,6	1094	2290	604	1555	36	1,4	21	2834	0,5	20,9	40,6	ja
OH17	DH	4,9	433	2,4	3,4	1547	1355	273	522	115	1,3	182	425	1,1	14,9	33,5	nee
OH18	DH	12,0	538	3,3	3,0	1158	2056	714	1781	55	2,4	146	827	0,6	21,5	21,3	nee
OH19	DH	6,7	468	2,1	3,5	1311	1110	405	518	26	2,4	8	85	1,2	14,5	26,0	nee
OH20	DH	7,6	595	2,4	3,2	764	1053	746	1467	8	2,2	1	22	0,7	20,0	40,8	nee

Over het gehele gebied bezien ligt op de helft van de bemonsterde locaties de Ca-beschikbaarheid in de bodem prima binnen de range van kruidenrijke droge heiden (tabel 5.1).
Op het merendeel van de onderzochte locaties is de ammoniumconcentratie in de bodem laag en vormt NH4 geen knelpunt. Op locatie OH5, 6, 10, 12 en 17 is de ammoniumconcentratie in de bodem aan de hoge kant (>200 µmol/l bodem). Lokaal (OH2, 15 en 16) werden sterk verhoogde ammoniumconcentraties in de bodem gemeten van maar liefst 1574 tot 2834 µmol/l bodem. Verhoogde ammoniumconcentraties kunnen een gevolg zijn van beheerbranden in het recente verleden.
De beschikbare fosfaatconcentraties in de bodem zijn over het algemeen niet sterk verhoogd met concentraties onder de 800 µmol/l bodem Olsen-P. Een uitzondering zijn locaties OH9, 10 en 14 met een fosfaatrijke bodem en Olsen-P concentraties van 1336 tot maar liefst 3461 µmol/l bodem. Mogelijk is de bodem op deze locaties fosfaatrijker als gevolg van het gebruik van fosforgranaten. Een wat hogere P-rijkdom is mogelijk positief voor het voorkomen van de zadelsprinkhaan, echter met dergelijk hoge concentraties is het risico op vergrassing groot (met name op locatie OH10 met een wat hogere NH4-concentratie in de bodem).

5.5 Maatregelen

5.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur

Er zijn geen aanvullende maatregelen ten aanzien van het verbeteren van de vegetatiestructuur noodzakelijk. Er wordt geadviseerd om het huidige beheer te continueren.

Figuur 5.3. Geadviseerde herstelmaatregelen Oldebroekse Heide. In dit gebied wordt geadviseerd om daar waar nodig alleen de bodemchemie te herstellen. De vorm en oppervlakte van de te behandelen locaties zijn gebaseerd op respectievelijk vegetatiestructuur (struikheide) en oppervlakte ten opzichte van het volledige oefengebied. Bovengrondse maatregelen zoals chopperen en/of het instellen van een begrazingsbeheer zijn niet nodig en als gevolg van het militaire gebruik ook niet mogelijk. Binnen het huidige kerngebied van de zadelsprinkhaan zijn zo min mogelijk maatregelen voorgesteld, omdat de zadelsprinkhaan het daar goed doet.

5.5.2 Herstel bodemchemie

Maatregelen om de bodemchemie te verbeteren zijn weergegeven in figuur 5.3. Met het combineren van steenmeel met kalkproducten is nog weinig praktijkervaring. Daarom wordt er op Oldebroek gekozen voor verschillende opties naast elkaar, zodat onderzoek op termijn mogelijk is naar het beste effect: alleen steenmeel, alleen Dolokal en de combinatie steenmeel en Dolokal in verschillende concentraties.

Op locaties OH6, 10–12 en 15, gelegen in of in de directe nabijheid van het kerngebied van de zadelsprinkhaan (figuur 5.2) is de bodem voldoende gebufferd en is bufferherstel niet nodig. Op

een enkele locatie in het kernleefgebied kan de buffercapaciteit worden verhoogd, zoals op locaties OH8 en 13. Hier is de Ca-beschikbaarheid aan de lage kant.
Binnen het kernleefgebied van de zadelsprinkhaan wordt geadviseerd erg voorzichtig te zijn met maatregelen. Het kernleefgebied van zadelsprinkhaan te Oldebroek vormt tevens het enige leefgebied van kleine wrattenbijter in Nederland. Het voortbestaan van laatstgenoemde soort is daarom kwetsbaar en voorzichtigheid is geboden. Voor locaties OH8 en 13 wordt daarom geadviseerd lokaal een kalkgift van Dolokal (15% Mg) op te brengen (1 ton/ha), in combinatie met een kaliumrijk steenmeel (10 ton Soilfeed/ha). Op locatie OH14, dat min of meer tussen de twee kernen van de zadelsprinkhaan in ligt, wordt vanwege de hoge basenverzadiging alleen een steenmeelgift geadviseerd (figuur 5.3).
Voor locaties met een onvoldoende bodembuffering gelegen buiten het populatiegebied van de zadelsprinkhaan (OH1–3, 17, 19 en 20) wordt geadviseerd om een gift van Dolokal van 1 ton/ha op te brengen in combinatie met een kaliumrijk steenmeel (10 ton Soilfeed/ha). Op locaties OH4 en 7 is vanwege de al hoge Ca-beschikbaarheid alleen een steenmeelgift van 10 ton Soilfeed/ha voldoende. Op locaties OH5 en 18 wordt ten behoeve van een sneller herstel van de kruidenrijke vegetaties gekozen voor een gift van 0,5 ton Dolokal (5% Mg) in combinatie met een kaliumrijk steenmeel (10 ton Soilfeed/ha) (figuur 5.3).

5.5.3 Terugkeer van kruiden

Terugkeer van kruiden na herstel van de bodemchemie dient bespoedigd te worden door het inzaaien van de juiste plantensoorten of het opbrengen van maaisel. Idealiter worden soorten gekozen die passen bij het reeds arme karakter van het gebied: zandblauwtje, liggende vleugeltjesbloem, grote tijm, kruip- en stekelbrem, hondsviooltje en enkele andere nader te selecteren soorten.
Geadviseerd wordt om per locatie waar de bodemchemie is hersteld enkele plekken verspreid in te zaaien of daar maaisel op te brengen. Het beste kan hiervoor gekozen worden voor plekken met een open en zandige bodem zonder strooisellaag. Omdat de geschikte plekken in het veld geselecteerd dienen te worden zijn de locaties niet nader op kaart in figuur 5.3 aangegeven. In totaal zal het gaan om ongeveer 4 ha (tabel 5.2). Zaaigoed dient te worden verkregen door lokaal te verzamelen of te kweken. Het inbrengen van zaaigoed of maaisel is tot enkele jaren na behandeling met Dolokal en/of Soilfeed goed mogelijk.

5.5.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer

Het gevolgde brandbeheer is succesvol gebleken voor de zadelsprinkhaan en kleine wrattenbijter. Indien mogelijk kan gedacht worden aan het verruimen van het doelengebied zodat de grond over grotere oppervlaktes geroerd wordt. Dit mag echter niet leiden tot beschadiging van bestaande kerngebieden.

5.5.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Oldebroekse Heide

De voorgestelde maatregelen zijn weergegeven in figuur 5.3. Een overzicht van de maatregelen en benodigde materialen is weergegeven tabel 5.2. Het oppervlak te behandelen gebied bedraagt in totaal 177 ha. Dat is 6% van het totaaloppervlak van ASK Oldebroek (2.900 ha).

Tabel 5.2. Overzicht benodigde maatregelen en materialen op de Oldebroekse Heide. De maatregelen zijn weergegeven in figuur 5.3.

Maatregel	Dosering	Opp (ha)	Hoeveelheid
Herstel bodemchemie			
Dolokal (5% Mg)	0,5 ton/ha	31	16 ton
	1 ton/ha	97	97 ton
	1,5–2 ton/ha	9	15 ton
Dolokal (15% Mg)	1 ton/ha	2	2 ton
Soilfeed	10 ton/ha	167	1.670 ton
Overig			
Inzaaien of maaisel opbrengen		10	

5.5.6 Verschillen met het advies van B-WARE

In de rapportage van B-WARE (Weijters et al. 2020) (zie bijlage 1) wordt geadviseerd om op een aantal plaatsen te chopperen en/of drukbegrazing in te stellen om een teveel aan ammonium af te voeren (OH15 en 16) en vergrassing in het vervolg tegen te gaan (OH2, 5, 6, 10, 12 en 17-18). Dergelijke maatregelen zijn vanwege ontploffingsgevaar van niet-ontplofte munitie niet mogelijk. Betreden van de heidegebieden door mensen, schapen en/of machines is daarom niet mogelijk.

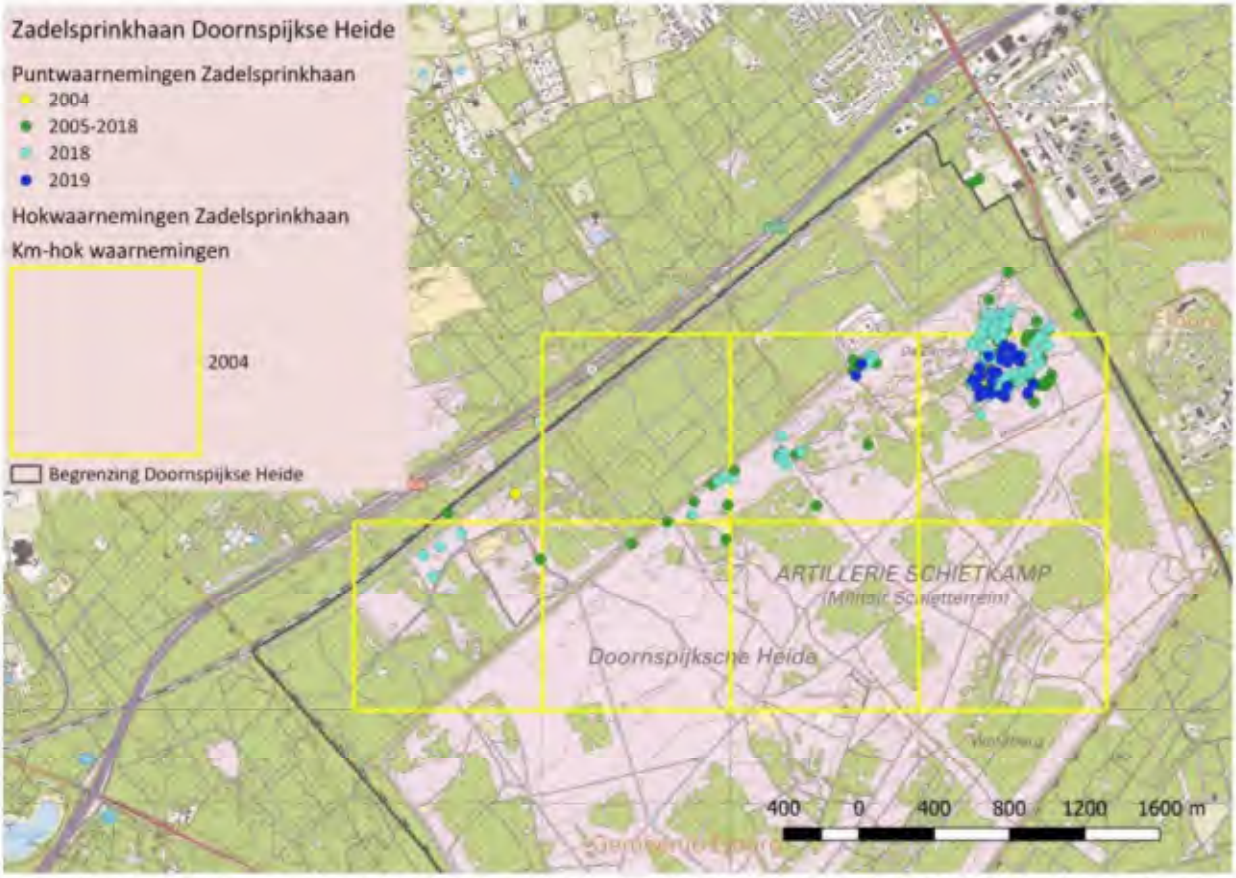
Het tegengaan van vergrassing ligt bovendien mogelijk gevoelig in het kader van de aanwezigheid van kleine wrattenbijter. Buiten Nederland is dit een steppensoort en de mogelijke afhankelijkheid van grassen is in het Nederlandse leefgebied niet onderzocht.

B-WARE kiest voor monsterpunten OH5 en 18 voor een geleidelijk herstel. Hier wordt gekozen voor een iets sneller herstel zodat bekeken kan worden of het gebied op kortere termijn geschikt gemaakt kan worden voor uitbreiding van de populatie van Oldebroek vanuit het kernleefgebied.

6 DOORNSPIJKSE HEIDE

6.1 VERSPREIDING ZADELSPRINKHAAN

De verspreiding van zadelsprinkhaan op de Doornspijkse Heide is weergegeven in figuur 6.1. De eerste gegevens over het voorkomen van een populatie van de soort in het gebied stammen uit 2001. Tijdens onderzoeken in het kader van het beschermingsplan zadelsprinkhaan en kleine wrattenbijter 2004 (Reemer & Van Hoof 2005) is de zadelsprinkhaan in grote delen van het terrein in hoge aantallen waargenomen. Tijdens een gebiedsdekkende inventarisatie in 2016 is de soort voornamelijk in het deelgebied De Zanden aangetroffen en minder talrijk langs de Prins Frederikweg (Gilissen 2016). Het areaal in 2016 lijkt flink gekrompen ten opzichte van de verspreiding in 2004. In 2019 zijn tijdens een onderzoeksronde ten behoeve van het verzamelen van DNA-materiaal in totaal 45 zingende mannetjes geteld in De Zanden (figuur 6.1) (Krekels et al. 2019). In 2020 is geen telling uitgevoerd.

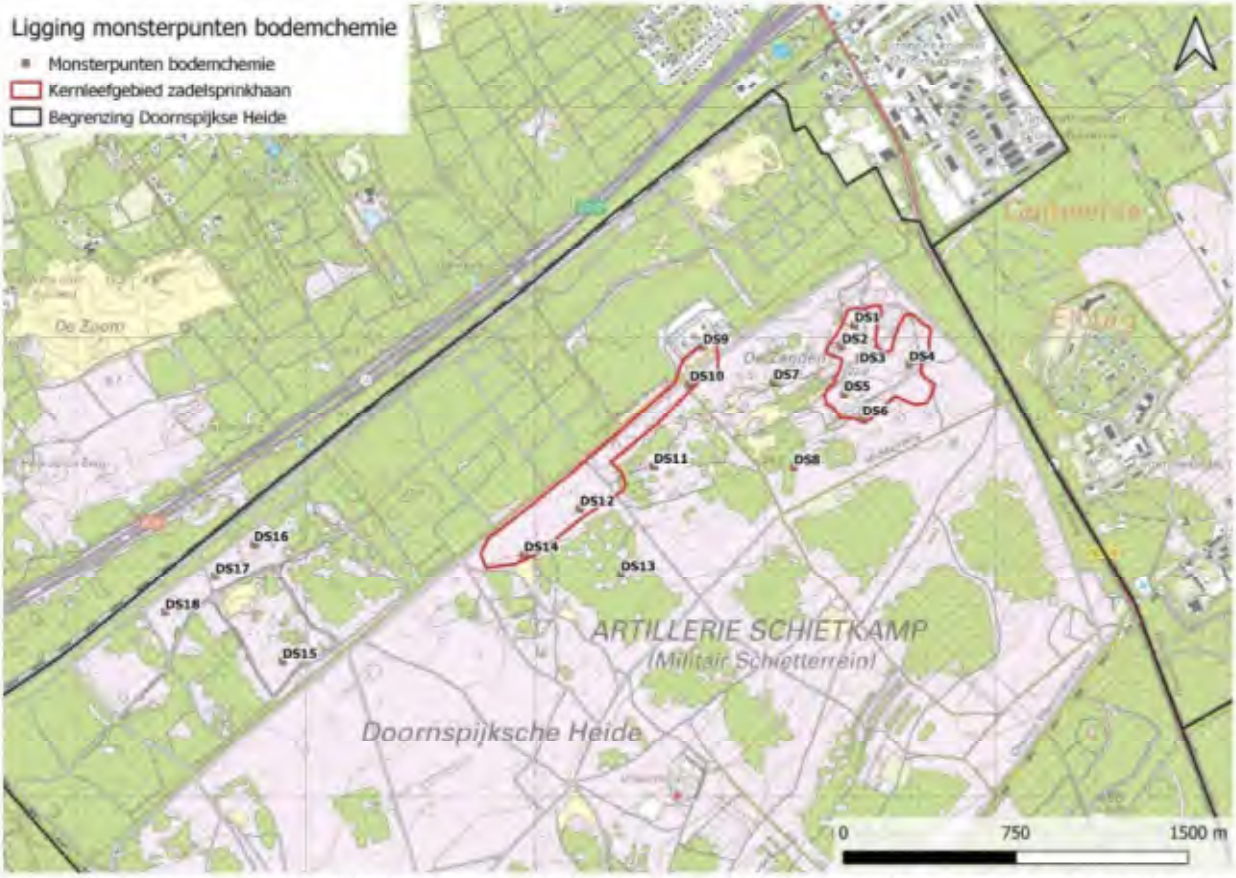


Figuur 6.1. Verspreiding van de zadelsprinkhaan op de Doornspijkse Heide in de periode 2004–2019. De kaart is eerder afgebeeld in Felix et al (2019), met aanvullingen uit 2019 (Krekels et al. 2019) (Bron: NDFF, EIS-bestand, inventarisatiegegevens Defensie, Stichting Bargerveen en Natuurbalans).

Waar de zadelsprinkhaan op de Oldebroekse Heide zich voornamelijk ophoudt in Brem *Cytisus scoparius* vertoont de soort op de Doornspijkse Heide een duidelijke voorkeur voor Jeneverbes *Juniperus communis*.

6.2 LIGGING ONDERZOEKSLOCATIES

De ligging van de bodemmonsterpunten is weergegeven in figuur 6.2. DS1–8 liggen in De Zanden, het actuele kernleefgebied van de zadelsprinkhaan. De overige monsterpunten liggen in een gebied waar de soort momenteel in lagere dichtheden lijkt voor te komen. In het gebied rond monsterpunten DS15–18 zijn de laatste jaren nauwelijks meer waarnemingen van zadelsprinkhaan gedaan.



Figuur 6.2. Ligging monsterpunten bodemchemie op de Doornspijkse Heide. Het kernleefgebied van de zadelsprinkhaan op de Doornspijkse Heide is weergegeven met een rode lijn.

6.3 VEGETATIE EN VEGETATIESTRUCTUUR

De vegetatie rondom de monsterpunten beslaat het volledige spectrum van pionier- tot climaxvegetatie. Monsterpunt DS17 ligt op een recente plagplek met een vrijwel kale bodem. DS4, 7, 16 en 18 liggen op (voormalige) stuifduinen met veel Buntgras (*Corynephorus canescens*), Grijs kronkelsteeltje (*Campylopus introflexus*) en een spaarzame begroeiing van Struikhei, Kraaihei (*Empetrum nigrum*), Zandzegge (*Carex arenaria*), Schapenzuring en Gewoon biggenkruid.

Hét kerngebied van de Zadelsprinkhaan op de Doornspijkse Heide is De Zanden. Hier liggen de meeste monsterpunten (DS1–10) en is een structuurrijke vegetatie aanwezig van Struikhei, Jeneverbes, jonge Berk (*Betula* sp.) en dood hout. Er is veel kaal, open zand als gevolg van lokale plagactiviteiten in het verleden. Kale plekken wisselen er af met mos. De moslaag bestaat uit Heideklauwtjesmos (*Hypnum jutlandicum*), Gaffeltandmos (*Dicranum* sp.) en Haarmos en

wordt lokaal gedomineerd door Grijs kronkelsteeltje. Hier groeit ook Kraaihei, Schapenzuring, Gewoon biggenkruid, Liggend walstro, Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*), Lijsterbes (*Sorbus aucuparia*), Sporkehout (*Frangula alnus*), Rood zwenkgras (*Festuca rubra*), Pijpenstrootje, Buntgras, Zandzegge en Pilzegge.

Verreweg de best ontwikkelde structuurvariatie is aanwezig in De Zanden, rond DS1–6. De vegetatiestructuur rond monsterpunten DS16–18 is erg mager ontwikkeld en voldoet momenteel niet aan de eisen van de zadelsprinkhaan. Er staat nauwelijks struikheide en/of de struikheide die er staat is erg laag. Hele vlakken zijn vrijwel vrij van vegetatie. Alleen een klein hoekje ten zuidenoosten van DS18 is momenteel met de geschikte structuurvariatie bedeeld.

6.4 Resultaten onderzoek bodemchemie

De bodemchemische parameters van de monsterpunten op de Doornspijkse Heide zijn weergegeven in tabel 6.1.

Tabel 6.1. Bodemchemische parameters Doornspijkse Heide. Metingen in zoutextractie in µmol/l, basenverzadiging (BV) in procenten, cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie bodem (P-t) in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. DH= droge heide; SH= stuifzandheide; SZ= stuifzandgrasland. Groen= binnen referentiewaarden kruidenrijke heide, geel = net buiten range kruidenrijke heide, rood = ver buiten range kruidenrijke heide. Locaties in blauw liggen binnen of in de directe omgeving van het actuele leefgebied van de zadelsprinkhaan.

Locatie	type				Zoutextractie										Strontium	
		OS	Olsen-P	P-t	pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l
DS1	DH	7,5	467	1,8	3,1	1070	1276	170	653	25	8,4	26	149	0,8	12,4	35,1
DS2	SH	3,8	188	1,2	3,3	519	1249	210	857	29	4,6	13	71	0,4	24,3	15,2
DS3	DH	4,8	500	2,2	3,2	1288	971	209	465	16	7,3	32	120	1,3	13,0	25,9
DS4	SZ	1,3	231	1,1	4,0	438	587	314	308	22	1,7	30	118	0,7	17,0	5,9
DS5	SH	3,9	570	2,1	3,4	860	550	416	509	10	6,5	23	719	1,6	14,6	24,0
DS6	SH	1,9	357	1,5	3,5	730	219	238	126	6	2,2	15	30	3,3	10,5	12,0
DS7	SZ	1,3	227	1,1	3,9	571	169	191	86	6	1,1	21	36	3,4	10,5	7,9
DS8	DH	7,8	1166	5,4	3,0	1626	2047	251	835	96	15,4	46	131	0,8	12,3	34,1
DS9	SH	2,0	467	2,6	3,8	594	855	381	348	62	4,1	31	70	0,7	34,6	20,4
DS10	DH	6,0	442	2,6	3,6	1647	431	282	502	19	2,1	116	305	3,8	7,7	27,1
DS11	SH	1,4	260	1,6	3,8	1127	124	212	98	3	0,7	2	10	9,1	7,2	15,0
DS12	DH	11,9	388	1,5	2,8	903	517	253	535	5	3,1	2	125	1,7	13,8	30,4
DS13	DH	15,8	681	4,0	3,3	1372	1986	744	1893	120	7,5	218	966	0,7	16,1	37,7
DS14	DH	7,8	589	2,7	3,3	1461	630	274	688	12	5,8	141	287	2,3	13,3	24,9
DS15	DH	8,0	593	3,0	3,4	1353	1718	493	1584	4	1,6	5	1671	0,8	15,4	40,9
DS16	SZ	0,8	312	1,3	3,6	511	162	237	73	3	2,2	51	31	3,2	6,8	5,6
DS17	-	1,4	360	2,1	3,9	932	271	177	146	17	1,3	133	111	3,4	7,3	11,0
DS18	SZ	1,1	243	1,6	3,9	529	147	232	85	4	1,2	123	42	3,6	9,1	6,3

Het grootste knelpunt op de Doornspijkse Heide is de lage basenverzadiging in de bodem (tabel 6.1). De Al/Ca-ratio is in tien van de achttien locaties voldoende laag met ratio's onder de 2,0 mol/mol, ondanks de relatief lage Ca-beschikbaarheid in de bodem. De ammoniumconcentraties zijn over het algemeen voldoende laag voor de ontwikkeling van kruidenrijke heides (<200 µmol/l bodem). Lokaal zijn sterk verhoogde ammoniumconcentraties in de bodem gemeten van 719 tot 1671 µmol/l bodem. De voor planten beschikbare fosfaatconcentratie (Olsen-P) in de bodem varieert van 188 tot 681 µmol/l, waarbij op locatie DS8 een sterk verhoogde Olsen-P concentratie in de bodem is gemeten van 1166 µmol/l bodem.

Op drie van de achttien locaties (DS5, 13 en 15) is de NH4-concentratie in de bodem sterk verhoogd en op locatie DS13 en 15 ook hoog ten opzichte van de fosfaatconcentraties in de bodem. Dit kan een indicatie zijn voor een mogelijk scheve N/P-ratio in de vegetatie. Daarnaast kunnen dergelijke hoge ammoniumconcentraties in de bodem toxisch zijn voor veel plantensoorten. Op locatie DS10 en 14 is een licht verhoogde ammoniumconcentratie aanwezig.

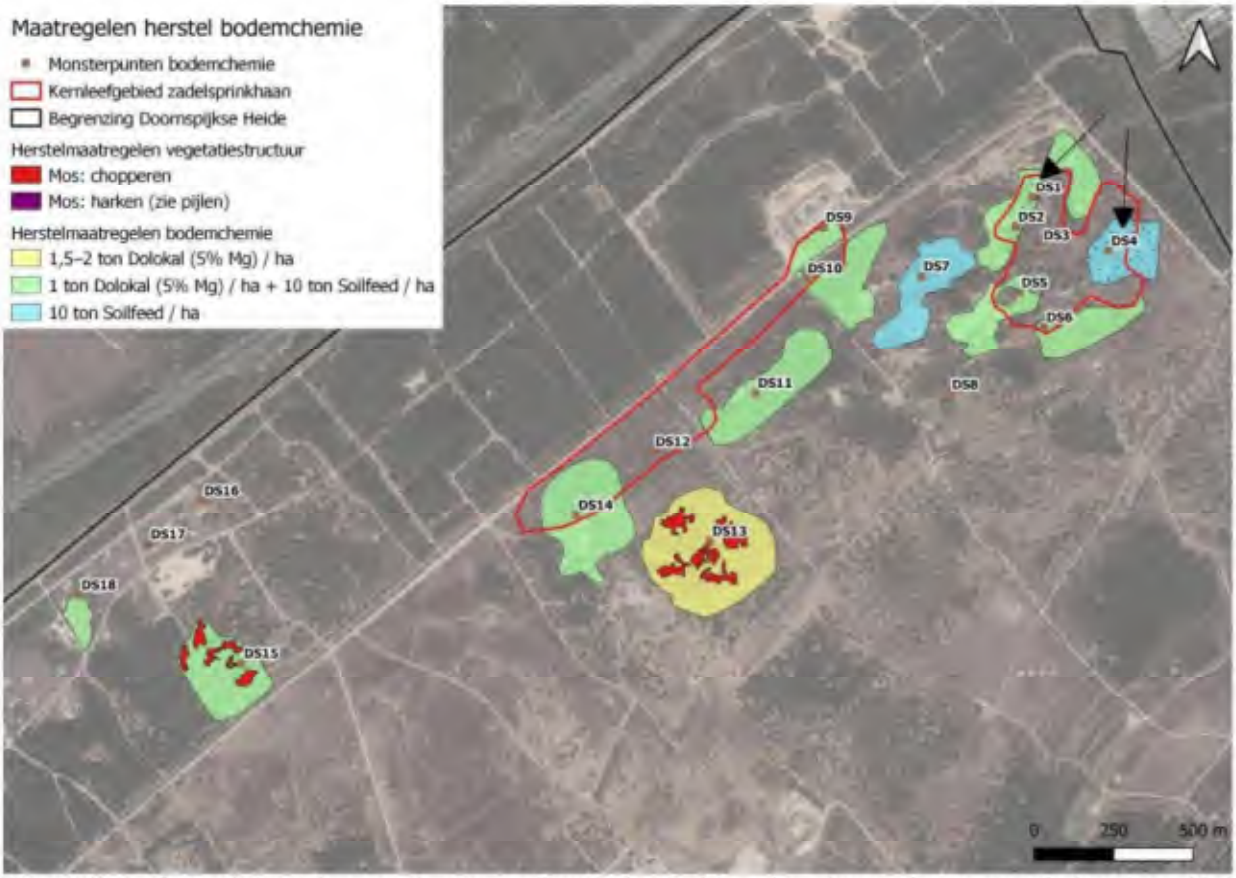
6.5 Maatregelen

6.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur

Voor locaties DS5, 13, 15 is het belangrijk om de NH4-concentraties te verlagen. Hier wordt geadviseerd om te chopperen (figuur 6.3). Door een daaropvolgende bekalking wordt mogelijk de nitrificatie gestimuleerd.
De Zanden is nog steeds een zeer structuurrijk gebied met een rijke afwisseling van oude heide, jeneverbessen en open zandige plekken. Toch verdwijnt een open bodem over grote oppervlakken onder een vrij dunne moslaag. Daarom wordt geadviseerd om verspreid in De Zanden handmatig met behulp van een hark kleine plekken open te harken (figuur 6.3). Om zoveel mogelijk variatie aan te brengen dienen deze plekken niet groter te zijn dan enkele vierkante meters (2–3 m^2). Kleine plekken hebben relatief meer randlengte en herbergen daarom meer microhabitats die voor insecten van belang zijn.

6.5.2 Herstel bodemchemie

Maatregelen om de bodemchemie te verbeteren zijn weergegeven in figuur 6.3. Op verreweg de meeste locaties wordt geadviseerd om een kalkgift van 1 ton Dolokal (laag Mg 5%) toe te dienen. Omdat de beschikbare kaliumconcentraties relatief laag zijn wordt geadviseerd om daarnaast een kaliumrijk steenmeel (10 ton Soilfeed/ha) op te brengen.
Bij voorkeur wordt niet het gehele leefgebied van de zadelsprinkhaan ineens behandeld, maar worden delen van het kernleefgebied ongemoeid gelaten. Op deze manier zijn in de loop van de tijd mogelijk effecten van de behandeling te vergelijken met onbehandelde locaties.
Locaties DS16–18 worden nu niet behandeld omdat de vegetatiestructuur daar niet geschikt is voor zadelsprinkhanen.



Figuur 6.3. Geadviseerde herstelmaatregelen Doornspijkse Heide. Geadviseerd wordt om in het grootste deel van het gebied de bodemchemie te herstellen door een gift van Dolokal en Soilfeed. Voorafgaand dienen enkele plekken te worden gechopperd. Op twee andere locaties (aangegeven met twee pijlen) wordt geadviseerd met een hark plaatselijk de dunne moslaag weg te harken over kleine oppervlaktes van 2–3m^2.

6.5.3 Terugkeer van kruiden

Terugkeer van kruiden na herstel van de bodemchemie dient bespoedigd te worden door het inzaaien van de juiste plantensoorten of het opbrengen van heischraal maaisel. Idealiter worden soorten gekozen die passen bij het reeds arme karakter van het gebied: zandblauwtje, liggende vleugeltjesbloem, grote tijm, kruip- en stekelbrem, hondsviooltje en enkele andere nader te selecteren soorten.

Geadviseerd wordt om per locatie waar de bodemchemie is hersteld, enkele plekken verspreid in te zaaien. Het beste kan hiervoor gekozen worden voor plekken met een open en zandige bodem zonder strooisellaag. Omdat de geschikte plekken in het veld geselecteerd dienen te worden zijn de locaties niet nader op kaart in figuur 6.3 aangegeven. In totaal zal het gaan om ongeveer 4 ha in te zaaien bodem (tabel 6.2). Zaaigoed of maaisel dienen te worden verkregen door lokaal te verzamelen of te kweken. Het inbrengen van kruiden is tot enkele jaren na behandeling met Dolokal en/of Soilfeed mogelijk.

6.5.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer

In het gebied worden regelmatig dennetjes getrokken. Tijdens een veldbezoek in februari 2021 lagen grote delen van De Zanden ermee vol. Het verdient aanbeveling deze elders in het terrein, bijvoorbeeld in bosranden te verwerken tot takkenrillen of houtstapels ten behoeve van kleine zoogdieren. Het is niet gewenst de getrokken dennetjes in het leefgebied van de zadelsprinkhaan achter te laten.

6.5.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Doornspijkse Heide

De voorgestelde maatregelen zijn weergegeven in figuur 6.3. Een overzicht van de maatregelen en benodigde materialen is weergegeven tabel 6.2. Het oppervlak te behandelen gebied bedraagt in totaal 58,7 ha. Dat is 3,4% van het totaaloppervlak van de Doornspijkse Heide (1709 ha).

Tabel 6.2. Overzicht voorgestelde maatregelen en materialen herstel Doornspijkse Heide (zie ook figuur 6.3).

Maatregel	Dosering	Opp (ha)	Hoeveelheid
Verbeteren vegetatiestructuur			
Chopperen		2,6	
Harken		0,1	
Herstel bodemchemie			
Dolokal (5% Mg)	1 ton/ha	38,2	38,2 ton
	1,5–2 ton/ha	12,0	20,4 ton
Soilfeed	10 ton/ha	46,7	467,0 ton
Overig			
Inzaaien		4,0	

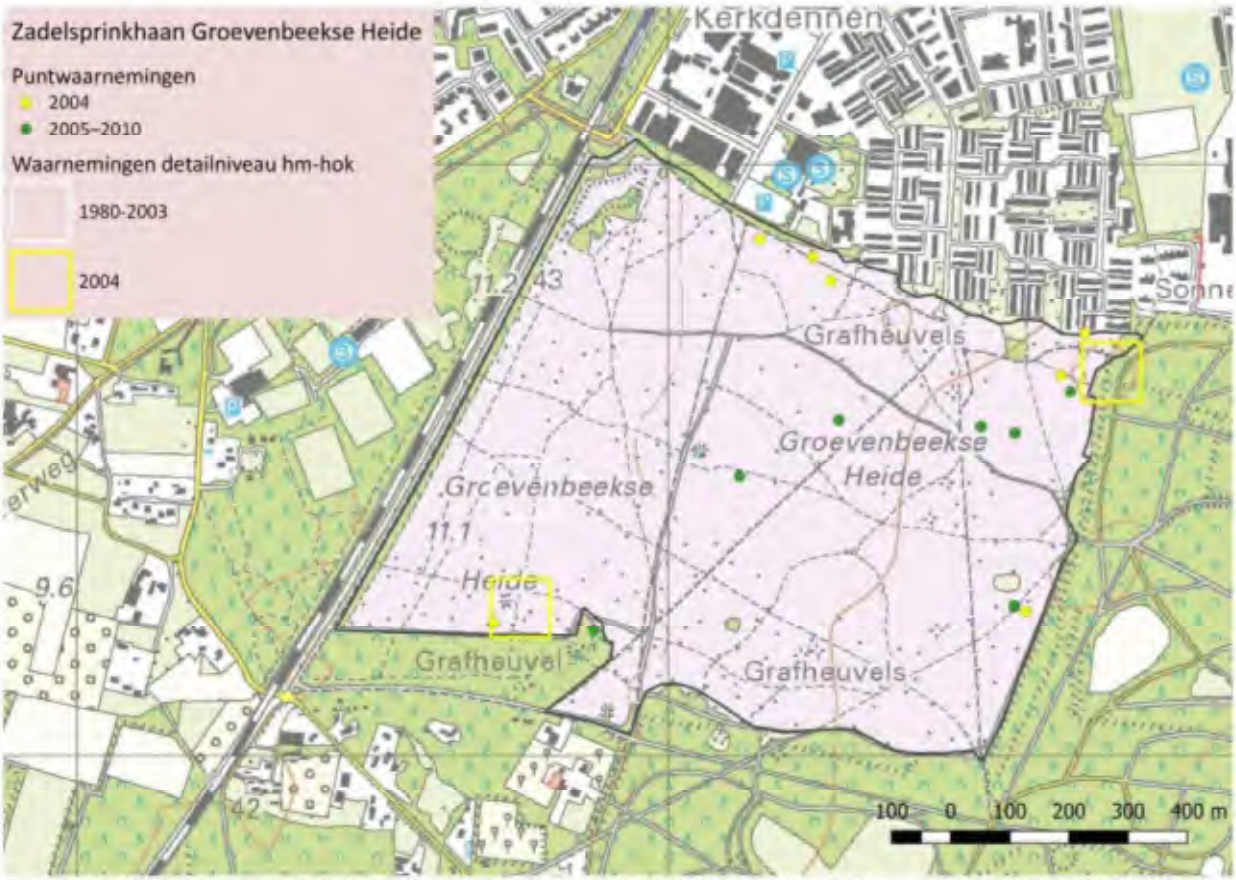
6.5.6 Verschillen met het advies van B-WARE

B-WARE adviseert drukbegrazing om vergrassing te voorkomen, maar gezien het feit dat het hier om een schietterrein gaat, is het instellen van begrazingsbeheer niet mogelijk.

7 GROEVENBEEKSE HEIDE

7.1 VERSPREIDING ZADELSPRINKHAAN

In 1999 zijn minstens acht roepende mannetjes gehoord die zich ophielden in de meest structuurrijke delen van het gebied in oude heidepollen en op braam (van Delft et al. 1999). In de geraadpleegde waarnemingenbestanden zijn daarna enkele records opgenomen van waarnemers uit de jaren 2005 t/m 2010 (Felix et al. 2019). In kader van een SNL kartering is het gebied onderzocht in 2012, waarbij er gericht op zadelsprinkhaan geïnventariseerd is, maar zonder succes (pers. med. Unie van Bosgroepen). In 2018 is één bezoek aan de Groevenbeekse Heide gebracht op 7 augustus 2018. Er zijn geen waarnemingen van zadelsprinkhaan gedaan. De laatste waarneming stamt inmiddels al uit 2010 en de soort dient er als verdwenen te worden beschouwd (figuur 7.1) (Felix et al. 2019).



Figuur 7.1. Verspreiding van de zadelsprinkhaan op de Groevenbeekse Heide. De laatste waarneming uit het gebied stamt uit 2010 en de soort dient als uitgestorven te worden beschouwd. Bron: NDFF, EIS-bestand.

7.2 LIGGING ONDERZOEKSLOCATIES

De ligging van de bodemmonsterpunten is weergegeven in figuur 7.2.

Figuur 7.2. Ligging monsterpunten bodemchemie op de Groevenbeekse Heide.

7.3 VEGETATIE EN VEGETATIESTRUCTUUR

Vegetatiestructuur

De Groevenbeekse Heide heeft al decennialang last van een hoge mate van atmosferische stikstofdepositie en bemesting door honden. Dit heeft geleidt tot een sterke vergrassing, verbossing en vermossing en een daarmee gepaard gaande nivellering van structuurrijkdom in de vegetatie. Om vergrassing tegen te gaan is het gebied in verleden grootschalig geplagd, waardoor de structuurvariatie alleen maar verder is verminderd. In de oostrand liggen her en der nog enkele locaties met een structuurrijke heidebegroeiing. Kruiden staan er vooral langs de paden, maar ook op de heide komen incidenteel Stekelbrem, Braam (*Rubus* sp.) en Buntgras voor. In het oosten liggen enkele bremstruwelen die waarschijnlijk voor zadelsprinkhaan van belang zijn.

Kale bodem

Vrijwel overal op de Groevenbeekse Heide is de bodem bedekt met een dikke strooisellaag bestaande uit verdroogde heide en mos. Het mos bestaat hier voornamelijk uit

Heideklauwtjesmos, maar ook Grijs kronkelsteeltje en Haarmos. Kale bodem zonder strooisellaag is zeer schaars en vrijwel alleen te vinden langs paadjes.
Reemer & Van Hoof (2005) noemen een flinke konijnenpopulatie in het noorden van het gebied als mogelijk gunstig voor de zadelsprinkhaan. Konijnen zorgen met hun graafactiviteiten voor open en kale grond, en daarmee voor locaties voor ei-afzet en -ontwikkeling. Om schade aan grafheuvels te voorkomen worden de konijnen op de Groevenbeekse Heide op last van het Rijk tegenwoordig bestreden (pers. med. 5.1.2e, gemeente Ermelo).

7.4 Resultaten onderzoek bodemchemie

De bodemchemische parameters van de monsterpunten op de Groevenbeekse Heide zijn weergegeven in tabel 7.1.
Op de Groevenbeekse Heide zijn in vergelijking met een kruidenrijke heide met name de basenverzadiging en beschikbaarheid van calcium aan de lage kant in. Vrijwel alle monsterlocaties zijn onvoldoende gebufferd (GH1, 2, 4–8 en 10). De Al/Ca-ratio en bodem-pH vallen redelijk binnen de ranges gemeten in kruidenrijke heides (tabel 7.1). Ammonium vormt evenmin een knelpunt in dit gebied, hoewel de concentraties op locatie GH7 en 8 wel iets verhoogd zijn. De beschikbare fosfaatconcentraties in de bodem variëren van 381 tot 898 µmol/l bodem Olsen-P en zijn daarmee matig hoog voor droge heide.

Tabel 7.1. Bodemchemische parameters Groevenbeekse Heide. Metingen in zoutextractie in µmol/l, basenverzadiging (BV) in procenten, cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie bodem (P-t) in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. DH= droge heide; SH: stuifzandheide. Groen= binnen referentiewaarden kruidenrijke heide, geel = net buiten range kruidenrijke heide, rood = ver buiten range kruidenrijke heide.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
GH1	DH	10,3	464	2,6	3,8	1522	1704	445	992	21	0,7	13	99	0,9	18,6	28,6	nee
GH2	DH	7,3	601	4,1	3,6	1805	549	458	377	7	1,0	13	9	3,3	14,6	27,4	nee
GH3	DH	10,5	898	3,8	3,7	523	4678	341	2549	46	1,7	85	185	0,1	42,7	38,6	nee
GH4	SH	2,2	381	2,8	3,9	922	381	325	140	12	0,8	58	31	2,4	19,5	15,4	nee
GH5	DH	8,8	539	2,5	3,2	2107	546	266	430	7	0,7	15	94	3,9	13,1	32,2	nee
GH6	DH	7,5	665	3,2	3,3	2304	1489	293	797	52	2,5	94	115	1,5	15,3	36,7	nee
GH7	DH	7,1	673	2,3	3,2	1496	756	344	572	17	1,1	14	382	2,0	18,6	27,2	nee
GH8	DH	8,9	770	2,9	3,5	2116	1102	220	476	53	0,9	207	223	1,9	17,0	35,9	nee
GH9	DH	8,0	635	3,3	3,4	2060	2557	347	859	55	1,5	109	173	0,8	31,6	53,5	nee
GH10	DH	7,7	771	3,3	3,8	1945	849	564	499	48	0,6	12	124	2,2	14,6	28,9	nee

7.5 Maatregelen

7.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur

Op bijna alle locaties (uitgezonderd GH4) is een dichte, gesloten moslaag aanwezig. Deze dient plaatselijk middels chopperen te worden verwijderd. Gezien de voorkeur van zadelsprinkhanen voor bremstruwelen wordt geadviseerd de directe omgeving van deze struwelen als eerste aan te pakken, indien prioritering wenselijk is (zie figuur 7.3).

Figuur 7.3. Geadviseerde herstelmaatregelen op de Groevenbeekse Heide. Chopperen vindt plaats voordat de bodemchemie met Dolokal en Soilfeed wordt hersteld. De ligging van aspectbepalende bremstruwelen zijn aangegeven. Zadelsprinkhanen leggen een voorkeur voor dergelijke vegetaties aan de dag en maatregelen in de nabijheid van brem hebben daarom prioriteit.

7.5.2 Herstel bodemchemie

Voor het grootste deel van de Groevenbeekse Heide wordt geadviseerd om de basenverzadiging en Ca-beschikbaarheid te verhogen met een gift van 1 ton Dolokal/ha, in combinatie met 10 ton Soilfeed/ha (figuur 7.3).
Een uitzondering vormt locatie GH3 met een hoge calciumbeschikbaarheid van 4678 µmol/l, hoge basenverzadiging van 42,7% en lage Al/Ca-ratio van 0,1 mol/mol. De hoge beschikbare magnesiumconcentratie in de bodem doet vermoeden dat deze locatie bekalkt is in het verleden. Op deze locatie zijn geen knelpunten aanwezig voor het voorkomen van kruiden in de heide. Dit laatste geldt ook voor GH9.

7.5.3 Terugkeer van kruiden

Terugkeer van kruiden na herstel van de bodemchemie dient bespoedigd te worden door het inzaaien van de juiste plantensoorten of het opbrengen van heischraal maaisel. Idealiter worden soorten gekozen die passen bij het reeds arme karakter van het gebied: zandblauwtje, liggende vleugeltjesbloem, grote tijm, kruip- en stekelbrem, hondsviooltje en enkele andere nader te selecteren soorten.

Geadviseerd wordt om per locatie waar de bodemchemie is hersteld, enkele plekken verspreid in te zaaien. Het beste kan hiervoor gekozen worden voor plekken met een open en zandige bodem zonder strooisellaag. Omdat de geschikte plekken in het veld geselecteerd dienen te worden zijn de locaties niet nader op kaart aangegeven. In totaal zal het gaan om ongeveer 2 ha in te zaaien bodem (tabel 7.2). Zaaigoed of maaisel dienen te worden verkregen door lokaal te verzamelen of te kweken. Het inbrengen van kruiden is tot enkele jaren na behandeling met Dolokal en/of Soilfeed mogelijk.

7.5.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer

Geadviseerd wordt het gebied te beheren middels een heidebeheer dat gericht op het behoud van een structuurrijke heidevegetatie met voldoende kale bodem. Een gescheperde begrazing met een kundige herder verdient hierbij aanbeveling, waarbij begrazing van de ingezaaide delen zoveel mogelijk moet worden voorkomen en de schapen buiten het te beheren gebied overnachten.
Op locaties GH7 en 8 is de ammoniumconcentratie iets verhoogd. Op deze locaties kan drukbegrazing, waarbij de schapen elders overnachten, een oplossing zijn om vergrassing te voorkomen.
Na herstel van het leefgebied op de Groevenbeekse Heide wordt geadviseerd de zadelsprinkhaan in het gebied te herintroduceren.

7.5.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Groevenbeekse Heide

De voorgestelde maatregelen zijn weergegeven in figuur 7.3. Een overzicht van de maatregelen en benodigde materialen en is weergegeven in tabel 7.2.
Het oppervlak te behandelen gebied bedraagt in totaal 23,6 ha. Dat is 28 % van het totaaloppervlak van de Groevenbeekse Heide (83 ha).

Tabel 7.2. Overzicht voorgestelde maatregelen Groevenbeekse Heide (zie ook figuur 5.3).

Maatregel	Dosering	Opp (ha)	Hoeveelheid
Verbeteren vegetatiestructuur			
Chopperen tegen vermossing		3,7	
Herstel bodemchemie			
Dolokal (5% Mg)	1 ton/ha	23,7	23,7 ton
Soilfeed	10 ton/ha	23,7	237,0 ton
Overig			
Inzaaien		2,0	

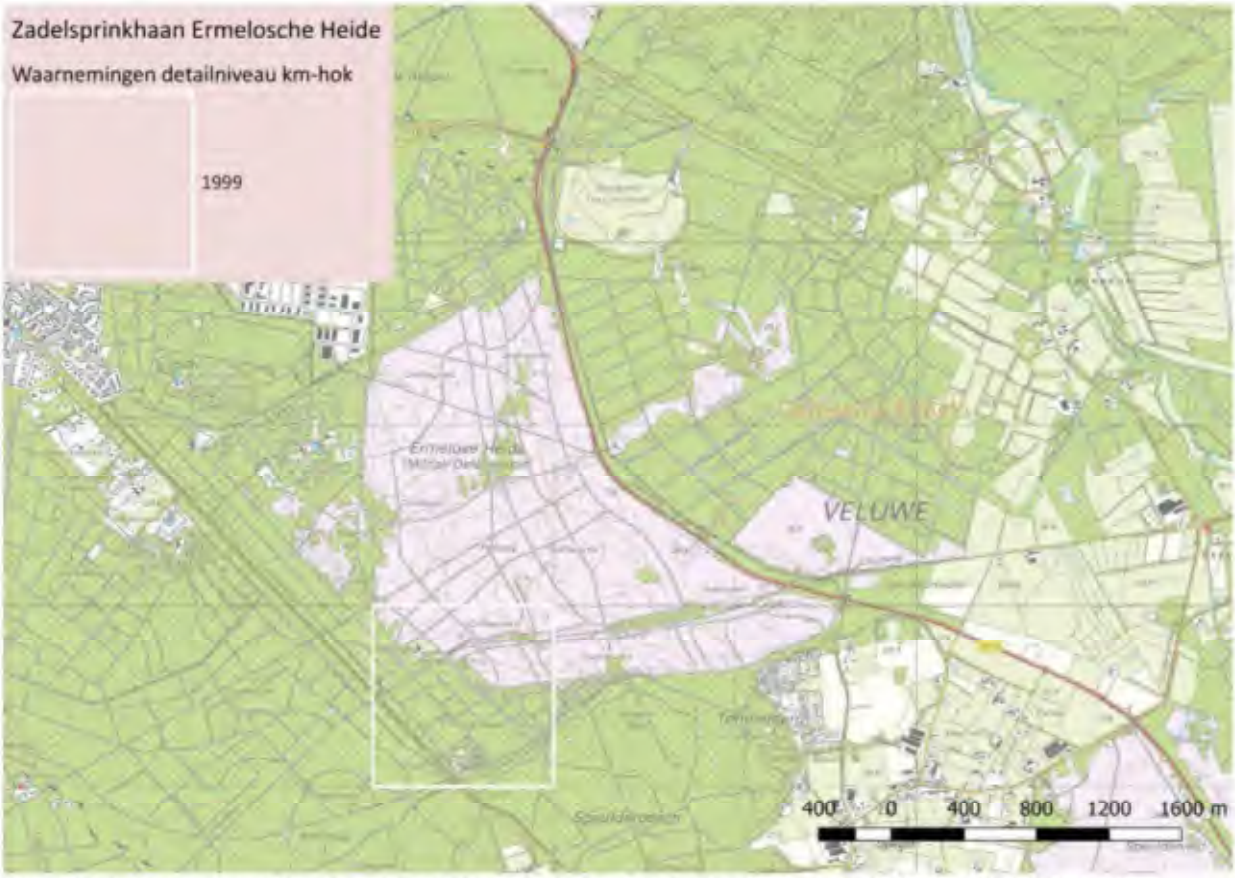
7.5.6 Verschillen met het advies van B-WARE

In de adviezen van B-WARE (bijlage 1) wordt gekozen voor een geleidelijk herstel van de bodemchemie door alleen Soilfeed toe te dienen. Hier wordt gekozen voor een sneller herstel in combinatie met Dolokal, zodat de locatie binnen enkele jaren geschikt kan zijn als mogelijk uitzetgebied.

8 ERMELOSE HEIDE

8.1 VERSPREIDING ZADELSPRINKHAAN

De enige bekende waarnemingen van de zadelsprinkhaan op de Ermelose Heide stammen uit 1999, toen op 14 september twee zingende mannetjes werden waargenomen in het zuidwesten van het gebied (figuur 8.1) (Van Delft et al. 1999). Uit een verder verleden stammen enkele waarnemingen uit de omgeving van de Ermelose Heide uit (1944) (niet op de kaart).



Figuur 8.1. Het enige record van de zadelsprinkhaan op de Ermelose Heide stamt uit 1999. Bron: NDFF, EIS-bestand.

8.2 LIGGING ONDERZOEKSLOCATIES

De ligging van de bodemmonsterpunten is weergegeven in figuur 8.2.

Figuur 8.2. Ligging monsterpunten bodemchemie Ermelose Heide.

8.3 VEGETATIE EN VEGETATIESTRUCTUUR

Het in het kader van voorliggend onderzoek onderzochte deel van de Ermelose Heide kenmerkt zich door een grote vlakken met zeer korte vegetatie, bestaande uit Pilzegge, Schapenzuring en Heideklauwtjesmos, met aan de randen enkele stroken met hogere Struikhei-structuren. EH5 ligt volledig in een hoge struikheidevegetatie. Op monsterpunt EH4 domineert lokaal Pijpenstrootje. Op EH2 is de bodem erg open door aanwezigheid van een konijnenburcht. Daarnaast is Haarmos en Rendiermos aangetroffen en groeit er Zomereik (*Quercus robur*) dichtbij monsterpunt EH5. De lage soortenrijkdom van planten komt overeen met een typische, soortenarme, droge heide.

Op nagenoeg alle monsterpunten in figuur 6.2 ontbreekt de voor een zadelsprinkhaan-leefgebied vereiste structuurrijkdom. Monsterpunten EH1 t/m EH4 liggen allemaal in monotone, zeer lage en structuurloze heide. Alleen EH5 ligt in een structuurrijke, oude heidevegetatie.

In de volgende paragraaf wordt de bodemchemie van alle punten besproken, maar uiteindelijk hebben herstelmaatregelen alleen op de omgeving van EH5 prioriteit, als gevolg van het ontbreken van een geschikte vegetatiestructuur op de overige locaties.

8.4 Resultaten onderzoek bodemchemie

De bodemchemische parameters van de monsterpunten op de Ermelose Heide zijn weergegeven in tabel 8.1.
Het belangrijkste knelpunt in de bodemchemie in het onderzochte deel van de Ermelose Heide is een (lichte) overmaat aan ammonium (tabel 8.1). De Al/Ca-ratio is over het algemeen voldoende laag, met uitzondering van locatie EH1 en 5. De beschikbare calciumconcentratie en basenverzadiging zijn aan de lage kant voor het voorkomen van kruiden in de heide (tabel 8.1).
Op alle vijf de onderzochte locaties is een verhoogde ammoniumconcentratie in de bodem gemeten van 215 µmol/l tot maximaal 835 µmol/l bodem op locatie EH3. De beschikbare fosfaatconcentraties in de bodem variëren van 489 tot 835 µmol/l bodem Olsen-P en zijn daarmee hoog voor droge heide. In combinatie met hoge stikstofconcentraties in de bodem is hiermee het risico op vergrassing groot. Op locatie EH3 resulteert de hoge NH4-concentratie en relatief lage P-beschikbaarheid tot een indicatie voor een scheve N/P-ratio in de vegetatie.

Tabel 8.1. Bodemchemische parameters Ermelose Heide. Metingen in zoutextractie in µmol/l, basenverzadiging (BV) in procenten, cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie bodem (P-t) in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. DH= droge heide. Groen= binnen referentiewaarden kruidenrijke heide, geel = net buiten range kruidenrijke heide, rood = ver buiten range kruidenrijke heide.

Loc	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
EH1	DH	5,7	801	4,0	3,7	1786	196	387	212	40	2,6	388	215	4,5	13,1	23,4	nee
EH2	DH	9,1	829	3,0	3,5	1504	1285	526	772	130	2,7	99	488	1,2	17,5	30,5	nee
EH3	DH	4,1	498	2,8	3,1	1289	2196	444	1151	90	3,3	176	835	0,6	26,1	27,8	ja
EH4	DH	10,0	835	2,5	3,1	1942	1370	318	590	36	2,5	127	385	1,4	19,2	32,9	nee
EH5	DH	14,5	754	3,6	3,3	2290	1074	408	857	64	1,4	30	252	2,1	12,6	36,4	nee

8.5 Maatregelen

Gezien het vrijwel ontbreken van geschikte vegetaties op locaties EH1 t/m 4, worden alleen maatregelen beschreven voor locatie EH5. Op termijn verdient het aanbeveling om delen ten oosten van dat monsterpunt te onderzoeken op geschiktheid en mogelijkheden tot herstel. Tijdens het veldbezoek zijn die delen globaal als mogelijk geschikt beoordeeld op basis van aanwezigheid van voldoende structuur.

8.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur

Op en rond locatie EH5 is de structuurrijkdom in orde en zijn voldoende open, zandige plekken aanwezig. De prioriteit wordt in dit stadium gegeven aan herstel van de bodemchemie en een gunstig eindbeheer middels een gescheperde schapenbegrazing, gericht op behoud van een structuurrijke heidevegetatie.

8.5.2 Herstel bodemchemie

Op en rond locatie EH5 wordt geadviseerd de calciumbeschikbaarheid te verhogen en het complex op te laden met een combinatie van 1 ton Dolokal (5% Mg) en 10 ton Soilfeed/ha (figuur 8.3). Door het verhogen van de bodembuffering wordt de nitrificatie mogelijk ook gestimuleerd.

Figuur 8.3. Geadviseerde herstelmaatregelen Ermelose Heide.

8.5.3 Terugkeer van kruiden

Terugkeer van kruiden na herstel van de bodemchemie dient bespoedigd te worden door het inzaaien van de juiste plantensoorten of het opbrengen van heischraal maaisel. Idealiter worden soorten gekozen die passen bij het reeds arme karakter van het gebied: zandblauwtje, liggende vleugeltjesbloem, grote tijm, kruip- en stekelbrem, hondsviooltje en enkele andere nader te selecteren soorten.
Geadviseerd wordt om per locatie waar de bodemchemie is hersteld, enkele plekken verspreid in te zaaien. Het beste kan hiervoor gekozen worden voor plekken met een open en zandige bodem zonder strooisellaag. Omdat de geschikte plekken in het veld geselecteerd dienen te worden zijn de locaties niet nader op kaart aangegeven. In totaal zal het gaan om ongeveer 1 ha in te zaaien bodem (tabel 8.2). Zaaigoed of maaisel dienen te worden verkregen door lokaal te verzamelen of te kweken. Het inbrengen van kruiden is tot enkele jaren na behandeling met Dolokal en/of Soilfeed mogelijk.

8.5.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer

Geadviseerd wordt het gebied te beheren middels een heidebeheer dat gericht op het behoud van een structuurrijke heidevegetatie met voldoende kale bodem. Een gescheperde begrazing met een kundige herder verdient hierbij aanbeveling, waarbij begrazing van de ingezaaide delen zoveel mogelijk moet worden voorkomen en de schapen buiten het te beheren gebied overnachten. Drukbegrazing van enkele dagen binnen een flex-net wordt afgeraden omdat nutriënten nauwelijks worden afgevoerd en het nivellerend werkt op de vegetatiestructuur.
Na herstel van het leefgebied wordt geadviseerd de zadelsprinkhaan op de Ermelose Heide te herintroduceren.

8.5.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Ermelose Heide

De voorgestelde maatregelen zijn weergegeven in figuur 8.3. Een overzicht van de maatregelen en benodigde materialen is weergegeven in tabel 8.2.
Het oppervlak te behandelen gebied bedraagt 13,5 ha. Dat is 4 % van het totaaloppervlak van de Ermelose Heide (346 ha).

Tabel 8.2. Overzicht voorgestelde maatregelen Ermelose Heide (zie ook figuur 6.3).

Maatregel	Dosering	Opp (ha)	Hoeveelheid
Herstel bodemchemie			
Dolokal (5% Mg)	1 ton/ha	13,5	13,5 ton
Soilfeed	10 ton/ha	13,5	135,0 ton
Overig			
Inzaaien		1,0	

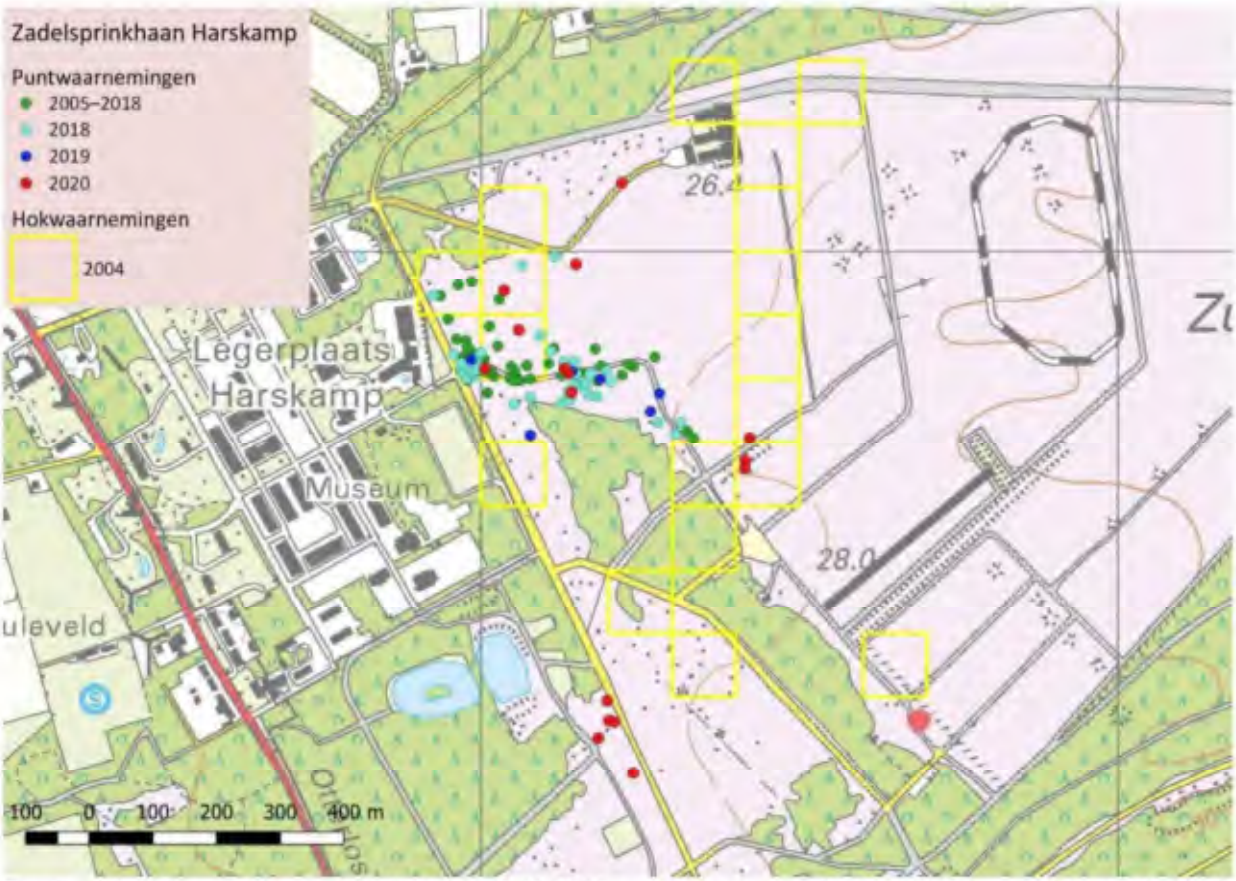
8.5.6 Verschillen met het advies van B-WARE

In de adviezen van B-WARE (bijlage 1) wordt gekozen voor een geleidelijk herstel van de bodemchemie door alleen Soilfeed toe te dienen. Hier wordt gekozen voor een sneller herstel in combinatie met Dolokal, zodat de locatie binnen enkele jaren geschikt kan zijn als mogelijk uitzetgebied.

9 HARSKAMP

9.1 VERSPREIDING ZADELSPRINKHAAN

De eerste waarnemingen van de zadelsprinkhaan op Harskamp stammen uit het begin van de twintigste eeuw. De soort wordt genoemd in Willemse (1917) voor 'Hartskamp'. In 2003 ontdekte Menno Hornman (monitoringgroep Defensie) een populatie in het uiterste westen van de Zuiderheide, tegenover de kazerne. Waarnemingen van zadelsprinkhaan vanaf 2004 op Harskamp zijn weergegeven in figuur 9.1.



Figuur 9.1. Verspreiding zadelsprinkhaan Zuiderheide, Harskamp vanaf 2004 (Bron: NDFF, EIS-bestand, inventarisatiegegevens Defensie, Natuurbalans).

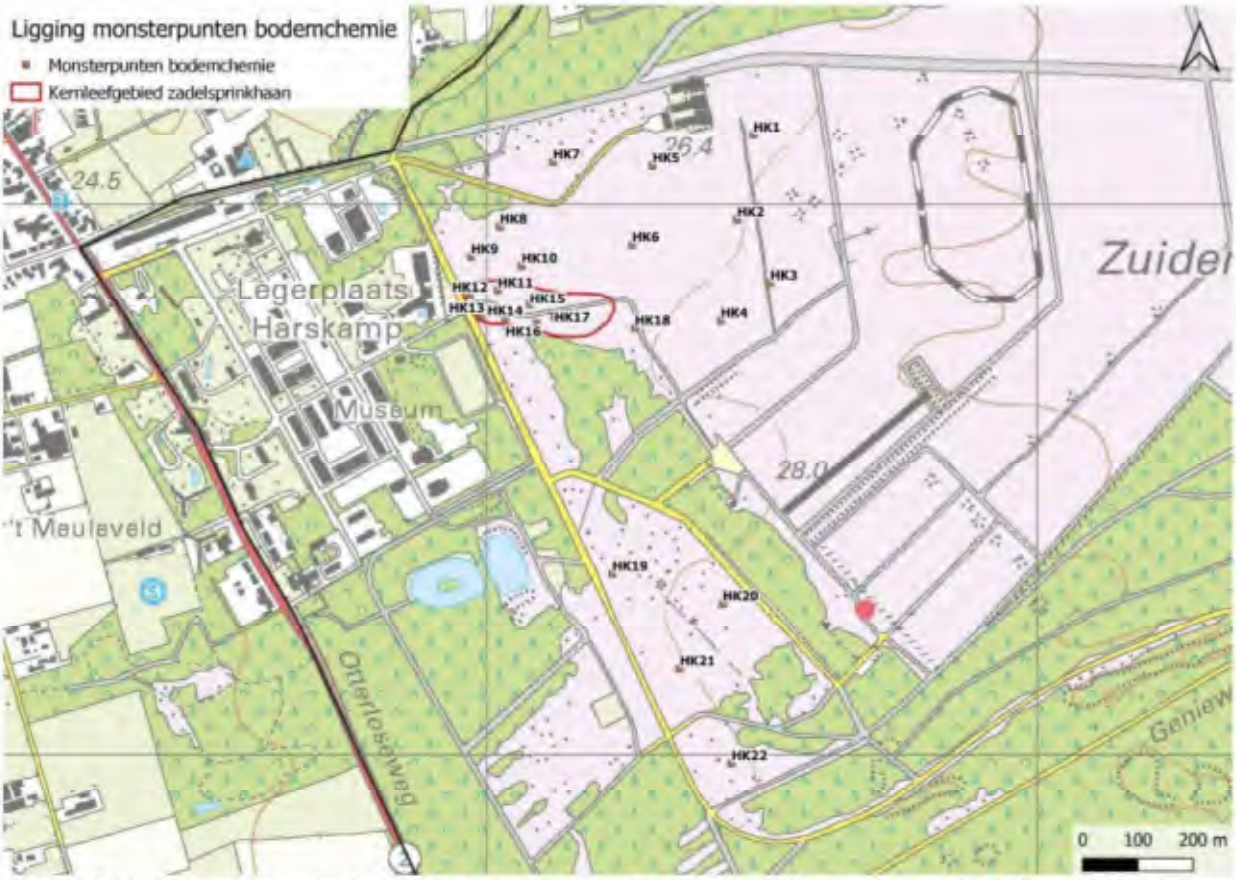
Het actuele kernleefgebied van de zadelsprinkhaan op Harskamp ligt aan weerszijden van een van west naar oost lopend zandpad. Het grootste deel van de populatie zit ten zuiden daarvan. Het favoriete leefgebied op Harskamp wordt gekarakteriseerd door een aanwezigheid van structuurrijke, oude struikheidevegetaties van de associatie van struikhei en stekelbrem (r20Aa1), gecombineerd met een hoge soortenrijkdom aan kruiden en relatief veel kale bodem. Vrijwel alle waarnemingen in het gebied zijn in of direct langs het vegetatietype r20Aa1 gedaan (92% van 100 records).

Locaties die begroeid zijn met een structuurrijke oude heide, maar waar het aantal kruiden beduidend lager is, zijn opvallend veel minder in trek. Waarnemingen in pijpenstrootje-

vegetaties zijn zeer schaars. Dieren die aanwezig waren in wat structuurarmere struikheide-vegetaties zaten vrijwel altijd in de buurt van locaties met een kale bodem. Voor meer informatie over de verspreiding van de zadelsprinkhaan op Harskamp, zie Felix et al. (2019) en Krekels et al. (2019).
In 2020 zijn zadelsprinkhanen waargenomen buiten het bekende actuele kerngebied (figuur 9.1). Door het vaak onopvallende voorkomen van de zadelsprinkhaan ligt het voor de hand dat de aanwezigheid op die locaties jarenlang over het hoofd zijn gezien.

9.2 LIGGING ONDERZOEKSLOCATIES

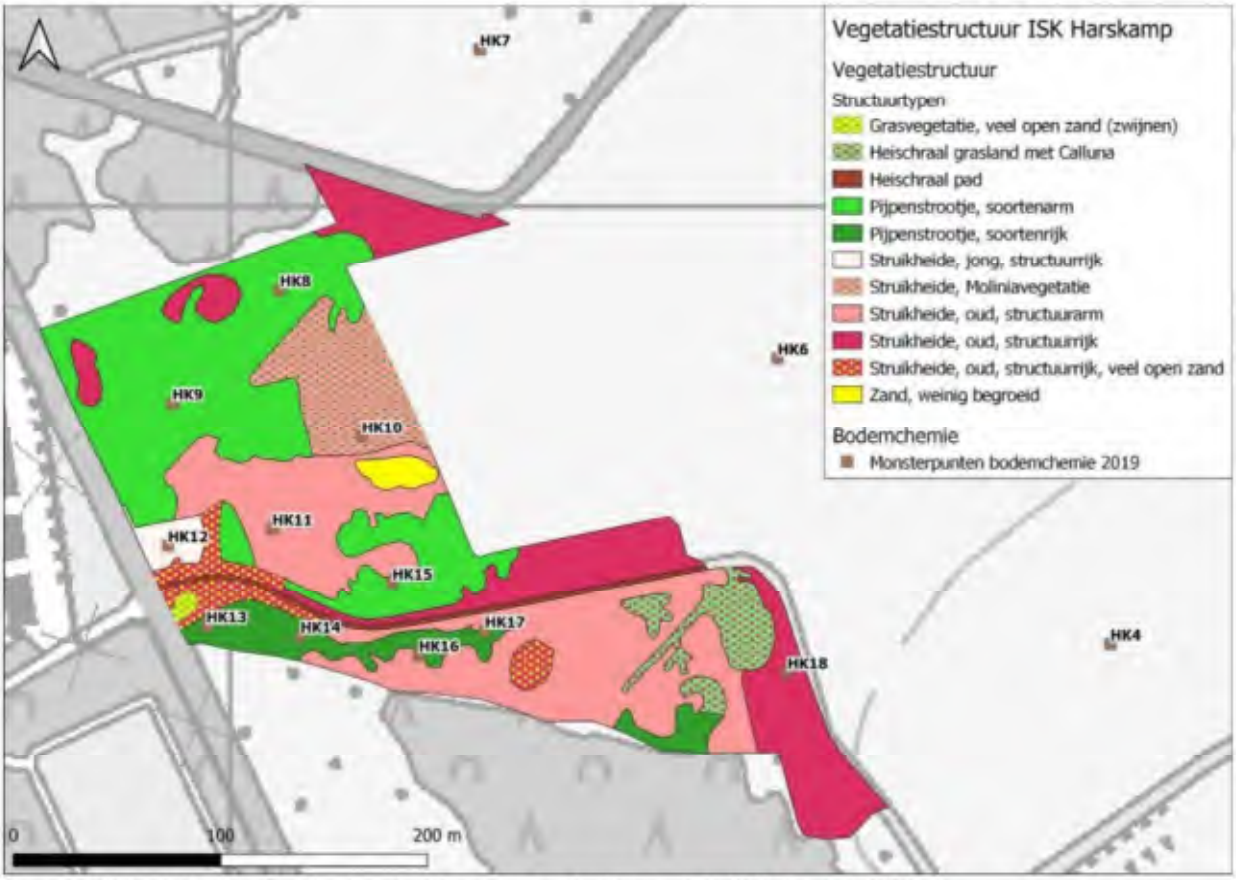
De ligging van de bodemmonsterpunten op Harskamp is weergegeven in figuur 9.2. Hierin is ook de nauwe begrenzing van het actuele kernleefgebied van de zadelsprinkhaan weergegeven. Verreweg de meeste zadelsprinkhanen komen voor in de smalle strook structuurrijke vegetatie langs het pad, rondom monsterpunten HK11–HK17. Daarbuiten, zoals bij HK8–10 en HK18, nemen de aantallen snel af.



Figuur 9.2. Ligging monsterpunten bodemchemie op Harskamp. Het kernleefgebied van de zadelsprinkhaan is weergegeven met een rode lijn.

9.3 Vegetatie en vegetatiestructuur

De vegetatiestructuur en de aanwezigheid van kruidensoorten in het leefgebied van de zadelsprinkhaan op Harskamp is uitvoerig onderzocht in 2018 en in detail beschreven in Felix et al. (2019). Uit die rapportage is onder meer figuur 9.3 afkomstig, waarin de ligging van de bodemmonsterpunten HK6–18 uit 2019 is geplot ten opzichte van de vegetatiestructuur.

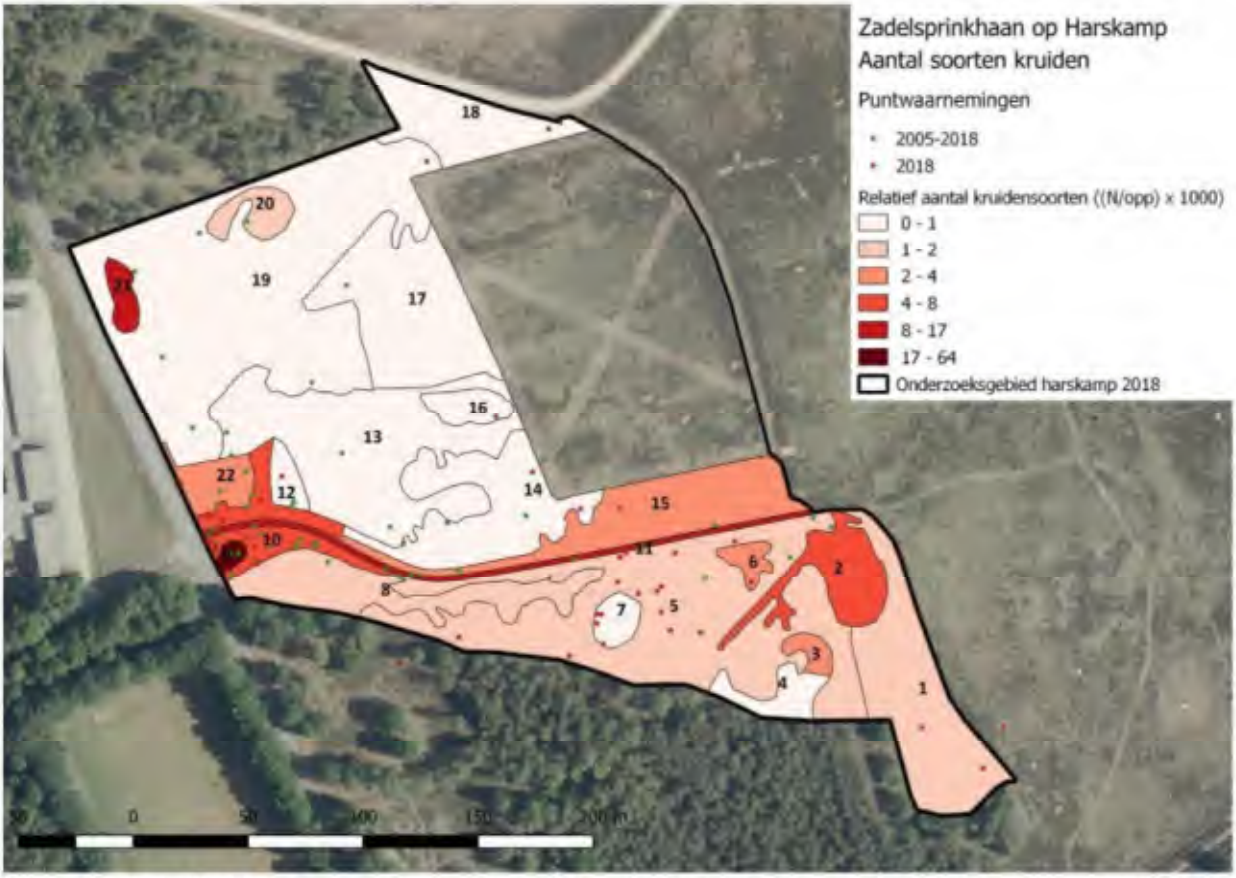


Figuur 9.3. Vegetatiestructuur Harskamp op basis van een kartering uit 2018 (Felix et al. 2019).

Het kernleefgebied van de zadelsprinkhaan is aanwezig in het deel waar de meest structuurrijke heidevegetaties en het hoogste aandeel kale grond met elkaar afwisselen. Kale bodem is er voornamelijk aanwezig in de vorm van woelplekken door zwijnen.
Ten noorden van het kerngebied liggen grote vlakken met vergraste heide. In pijpenstrootje-vegetaties ontbreekt de benodigde structuurrijkdom. Buiten het kernleefgebied zijn ook grote delen sterk vermost. Vermoste delen zijn ongeschikt voor de soort indien er in de omgeving geen plekken met kale bodem aanwezig zijn voor de ei-afzet.

Kruidenrijkdom
Op de meest rijke bodems groeien soorten als boerenwormkruid, Canadese fijnstraal, duinkruiskruid, dwergviltkruid, gewoon biggenkruid, gewoon duizendblad, hondsviooltje, kruipbrem, kruipende boterbloem, muizenoor, schapenzuring, Sint-Janskruid, smalle weegbree, stekelbrem, vertakte leeuwentand en stijf havikskruid (Felix et al. 2019).

De hoge rijkdom aan kruiden in delen van het gebied, is een maat voor de mineralenrijkdom en het bufferende vermogen van de bodem. Op die plekken is de voedselkwaliteit van de heidestruiken waarschijnlijk het hoogst en is aanvullend voedsel te vinden in de vorm van de kruiden zelf. Dergelijke delen zijn eveneens sterk in trek bij wilde zwijnen, die net als zadelsprinkhanen vanzelfsprekend ook een hogere voedselkwaliteit prefereren boven armere omstandigheden. Mogelijk spelen de zwijnen op hun beurt ook weer een rol in de mineralenbeschikbaarheid doordat zij stelselmatig de bodem nog eens flink omwroeten.



Figuur 9.4. Relatief aantal kruidensoorten per vlak. Aantal soorten is gedeeld door de oppervlakte van het vlak (x1000). De nummers op de kaart zijn vlaknummers van een vegetatieopname. Zie daarvoor en voor een soortenlijst Felix et al (2019).

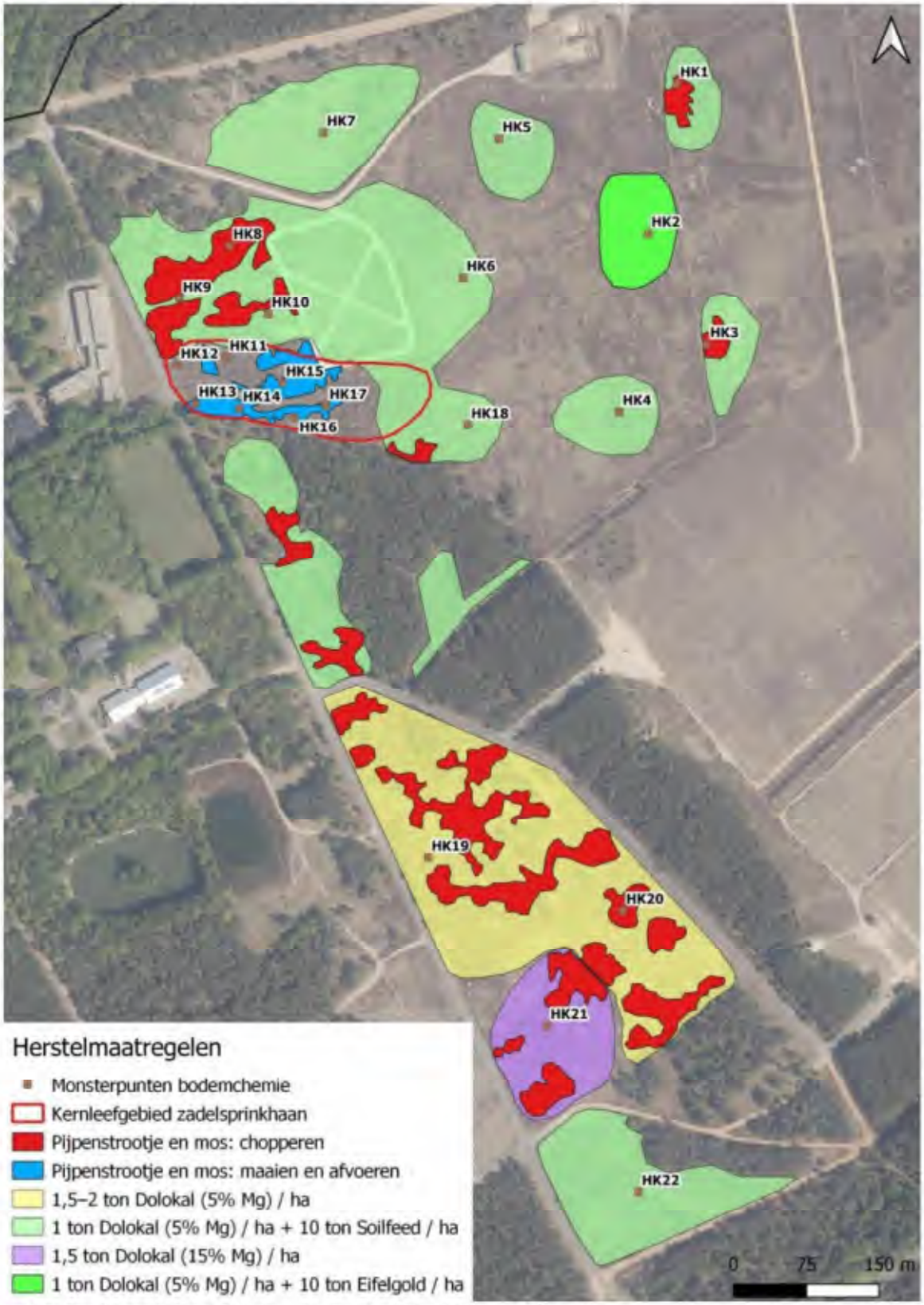
9.4 Resultaten onderzoek bodemchemie

De bodemchemische parameters van de monsterpunten op Harskamp zijn weergegeven in tabel 9.1. Monsterpunten HK12–16 liggen in het actuele kernleefgebied van de zadelsprinkhaan op Harskamp (figuur 9.2). Precies op deze locaties is de bodem gebufferd voor het voorkomen van kruiden in de heide. Dit bleek ook al uit de kruidenrijkdom op deze locaties, waar tijdens een opname in 2018 tot 17 kruidensoorten aanwezig bleken (figuur 9.4) (Felix et al. 2019). Zadelsprinkhanen weten dus feilloos de meest gebufferde bodems te vinden, net als de wilde zwijnen die ook precies naar die ene plek komen om te foerageren.
Buiten dit kerngebied is de basenverzadiging in de bodem is (zeer) laag en op de helft van de locaties is ook de Ca-beschikbaarheid in de bodem ver onder de range gemeten in kruidenrijke heiden (tabel 9.1).

Doordat ook Al vrij laag is op de meeste monsterlocaties, valt op Harskamp de Al/Ca-ratio voor bijna alle locaties binnen de range voor het voorkomen van kruiden in de heide, met name op locaties waar de zadelsprinkhaan voorkomt (HK8–18). Ook de bodem-pH is redelijk met waarden boven de 3,0 pH-eenheden (tabel 9.1).
De ammoniumconcentratie is over het algemeen laag en vormt geen (groot) knelpunt in dit gebied. Een uitzondering zijn HK19 en 20 met zeer hoge NH4-concentraties van 1054 en 1592 µmol/l bodem. De beschikbare fosfaatconcentraties in de bodem variëren van 129 tot 658 µmol/l bodem Olsen-P. Op locatie HK2 is de Olsen-P concentratie in de bodem laag met 129 µmol/l bodem. Dergelijke lage P-concentraties zijn mogelijk ongunstig voor het voorkomen van de zadelsprinkhaan, met name als de stikstofconcentraties in de bodem hoger zijn en de N/P-ratio in de vegetatie mogelijk scheef is.

Tabel 9.1. Bodemchemische parameters Harskamp. Metingen in zoutextractie in µmol/l, basenverzadiging (BV) in procenten, cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie bodem (P-t) in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. DH= droge heide. Groen= binnen referentiewaarden kruidenrijke heide, geel = net buiten range kruidenrijke heide, rood = ver buiten range kruidenrijke heide. Locaties in blauw liggen binnen het actuele leefgebied van de zadelsprinkhaan.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		Indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
HK1	DH	5,2	314	3,1	3,7	1057	416	272	191	11	0,4	89	411	2,4	9,0	16,3	nee
HK2	DH	4,2	129	3,2	3,8	1138	904	280	333	23	1,6	130	98	1,3	14,5	19,1	ja
HK3	DH	6,5	454	4,1	3,6	1918	809	238	265	8	0,7	51	260	2,4	4,4	30,3	nee
HK4	DH	7,1	641	4,2	3,6	1718	640	206	251	16	2,1	81	88	2,7	3,7	21,7	nee
HK5	DH	4,8	407	2,6	3,4	1709	301	159	191	13	1,6	76	71	2,4	2,0	25,4	nee
HK6	DH	6,0	412	2,9	3,8	1485	718	269	303	14	1,6	61	123	2,0	10,1	28,2	nee
HK7	DH	7,7	506	2,4	3,4	2244	1280	205	543	34	2,7	304	154	1,8	7,8	33,7	nee
HK8	DH	7,3	429	7,3	4,0	920	1921	449	484	28	1,3	52	100	0,5	29,5	25,2	nee
HK9	DH	6,7	357	2,6	3,7	1339	1158	330	378	24	1,0	191	196	1,2	13,9	24,8	nee
HK10	DH	11,7	576	3,5	3,3	2163	1100	317	405	22	2,5	55	153	2,0	13,3	39,1	nee
HK11	DH	7,8	444	2,6	3,3	1730	992	335	518	8	0,8	3	285	1,7	10,7	39,6	nee
HK12	DH	6,8	384	3,7	3,8	844	3188	304	446	22	0,4	81	209	0,3	32,4	34,7	nee
HK13	DH	5,2	466	2,8	3,8	1135	2831	292	417	82	1,7	40	159	0,4	24,6	37,4	nee
HK14	DH	6,5	539	2,7	3,4	1346	2028	237	553	46	4,2	24	147	0,7	17,3	33,6	nee
HK15	DH	11,6	663	3,6	3,1	1913	1679	218	436	36	6,7	200	477	1,1	15,8	43,0	nee
HK16	DH	7,5	536	2,9	3,5	1412	2128	279	659	71	3,6	102	368	0,7	25,8	36,9	nee
HK17	DH	9,1	618	3,6	3,3	1643	1308	210	259	28	2,0	134	135	1,3	44,1	32,6	nee
HK18	DH	5,5	426	3,1	3,8	1429	1124	313	485	46	1,4	291	161	1,3	15,1	26,6	nee
HK19	DH	8,2	384	2,8	3,5	1238	1591	493	818	30	1,3	69	1054	0,8	21,5	32,7	ja
HK20	DH	6,7	603	3,4	3,7	1347	931	918	1173	48	2,3	206	1592	1,4	19,5	44,6	ja
HK21	DH	2,4	305	2,4	4,1	654	89	217	33	5	0,9	69	20	7,7	1,6	11,9	nee
HK22	DH	7,3	658	4,6	3,4	1807	956	169	282	12	2,9	100	166	3,7	9,1	29,5	nee



Figuur 9.5. Geadviseerde herstelmaatregelen op Harskamp. Voorgesteld wordt om vergrassing tegen te gaan (en hoge NH4-concentraties af te romen) middels maaien en afvoeren en chopperen; maaien en afvoeren binnen het kerngebied en chopperen daarbuiten. Na chopperen dient aansluitend de bodemchemie met Dolokal en/of Soilfeed te worden hersteld.

9.5 Maatregelen

9.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur

In het kerngebied van de zadelsprinkhaan op Harskamp (H11–H17) liggen naast structuurrijke oude struikheivegetaties tevens enkele vegetaties die behoorlijk vergrast zijn (HK13–HK17). Om de vergrassing tegen te gaan en ontwikkeling van heide te stimuleren wordt geadviseerd hier een (kleinschalig) maaibeheer in te stellen, waarbij het maaisel wordt afgevoerd (figuur 9.5). Er wordt hier niet gekozen voor chopperen om te voorkomen dat eieren van de Zadelsprinkhaan mee afgevoerd worden.

De omgeving van monsterpunten HK8–10 wordt gekenmerkt door dominantie van Pijpenstrootje (figuur 9.3). Deze vegetatie grenst aan het kerngebied van de zadelsprinkhaan, maar maakt er door het ontbreken van een geschikte vegetatiestructuur en sterk vermoste bodem nauwelijks deel van uit. Voor deze locaties wordt geadviseerd om met chopperen de vergrassing en vermossing tegen te gaan (figuur 9.5).
Rondom locaties HK19 en 20 wordt vanwege de sterk verhoogde NH4-rijkdom en als gevolg een indicatie van een scheve N/P-ratio ook geadviseerd om te chopperen (figuur 9.5). Op alle gechopperde locaties dient aansluitend de bodemchemie te worden hersteld.

9.5.2 Herstel bodemchemie

In het kernleefgebied van de zadelsprinkhaan (HS12–16) is de bodem voldoende gebufferd voor het voorkomen van kruiden in de heide en zijn geen bufferherstelmaatregelen nodig.
Voor verreweg de meeste overige locaties buiten het kerngebied wordt geadviseerd om de basenverzadiging en Ca-beschikbaarheid te verhogen door een kalkgift van 1 ton/ha Dolokal (5% Mg), in combinatie met een kaliumrijk steenmeel (10 ton Soilfeed/ha) (figuur 9.5).

Locatie HK21 ligt op een plagplek en in de bodem is een laag organisch stof percentage van 2,4% en lage CEC van 11,9 meq/l gemeten. De beschikbare calciumconcentratie in de bodem is zeer laag met 89 µmol/l bodem, evenals de basenverzadiging met 1,6%. Voor deze locatie wordt geadviseerd om te bekalken met 1,5 ton Dolokal (15% Mg)/ha om de Ca- en Mg-beschikbaarheid te verhogen, het complex op te laden en het risico op een ammoniumpiek te verlagen. Dit zelfde advies, maar dan met Dolokal met 5% Mg, geldt voor HK19 en 20, nadat er middels chopperen iets tegen de sterk verhoogde NH4-rijkdom en de scheve N/P-ratio is gedaan.

9.5.3 Terugkeer van kruiden

Terugkeer van kruiden na herstel van de bodemchemie dient bespoedigd te worden door het inzaaien van de juiste plantensoorten of het opbrengen van heischraal maaisel. Idealiter worden soorten gekozen die passen bij het reeds arme karakter van het gebied: zandblauwtje, liggende vleugeltjesbloem, grote tijm, kruip- en stekelbrem, hondsviooltje en enkele andere nader te selecteren soorten.
Geadviseerd wordt om per locatie waar de bodemchemie is hersteld, enkele plekken verspreid in te zaaien. Het beste kan hiervoor gekozen worden voor plekken met een open en zandige bodem zonder strooisellaag. Omdat de geschikte plekken in het veld geselecteerd dienen te

worden zijn de locaties niet nader op kaart in figuur 9.5 aangegeven. In totaal zal het gaan om ongeveer 2 ha in te zaaien bodem (tabel 9.2). Zaaigoed of maaisel dienen te worden verkregen door lokaal te verzamelen of te kweken. Het inbrengen van kruiden is tot enkele jaren na behandeling met Dolokal en/of Soilfeed mogelijk.

9.5.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer

Geadviseerd wordt het huidige beheer voort te zetten. Na optimalisatie van het leefgebied wordt geadviseerd de populatie zadelsprinkhanen te versterken door dieren bij te zetten uit verwante populaties met een grotere genetische diversiteit.

9.5.5 Overzicht herstelmaatregelen Harskamp

De voorgestelde maatregelen zijn weergegeven in figuur 9.5. Een overzicht van de maatregelen en benodigde materialen is weergegeven in tabel 9.2.
Het oppervlak te behandelen gebied bedraagt in totaal 24,0 ha. Dat is 1 % van het totaaloppervlak van Harskamp (2660 ha).

Tabel 9.2. Overzicht voorgestelde maatregelen Harskamp. De maatregelen zijn weergegeven in figuur 9.5.

Maatregel	Dosering	Opp (ha)	Hoeveelheid
Verbeteren vegetatiestructuur			
Chopperen		3,7	
Maaien en afvoeren		0,6	
Herstel bodemchemie			
Dolokal (5% Mg)	1 ton/ha	15,4	15,4 ton
	1,5–2 ton/ha	7,0	11,9 ton
Dolokal (15% Mg)	1,5 ton/ha	1,6	2,4 ton
Soilfeed	10 ton/ha	14,6	146,0 ton
Eifelgold	10 ton/ha	0,8	8,0 ton
Overig			
Inzaaien		2,0	

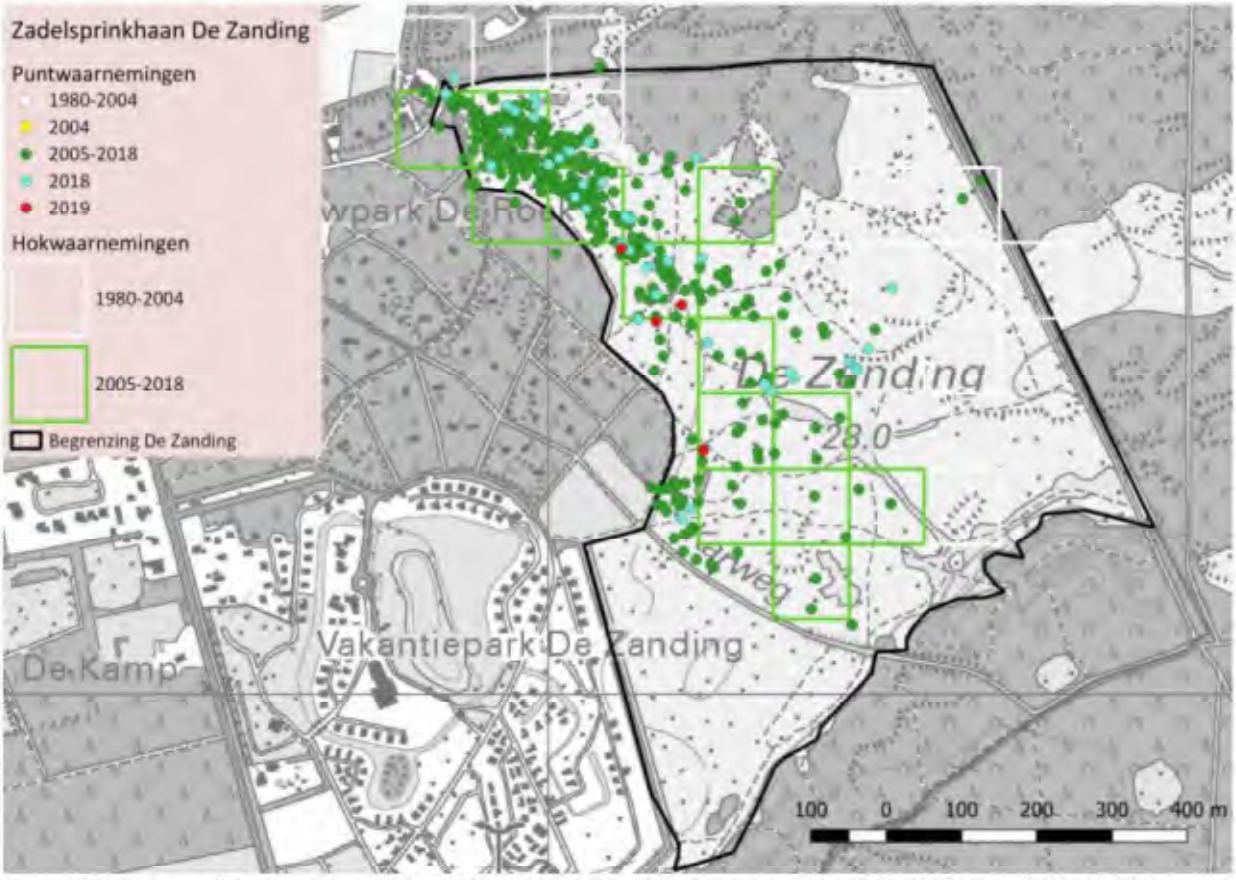
9.5.6 Verschillen met het advies van B-WARE

Om vergrassing na bekalking tegen te gaan en te voorkomen adviseert B-WARE het instellen van drukbegrazing. Gezien het feit dat het hier om een schietterrein gaat, is het instellen van begrazingsbeheer waarschijnlijk niet goed mogelijk en is gekozen voor maaien en afvoeren.

10 DE ZANDING

10.1 VERSPREIDING ZADELSPRINKHAAN

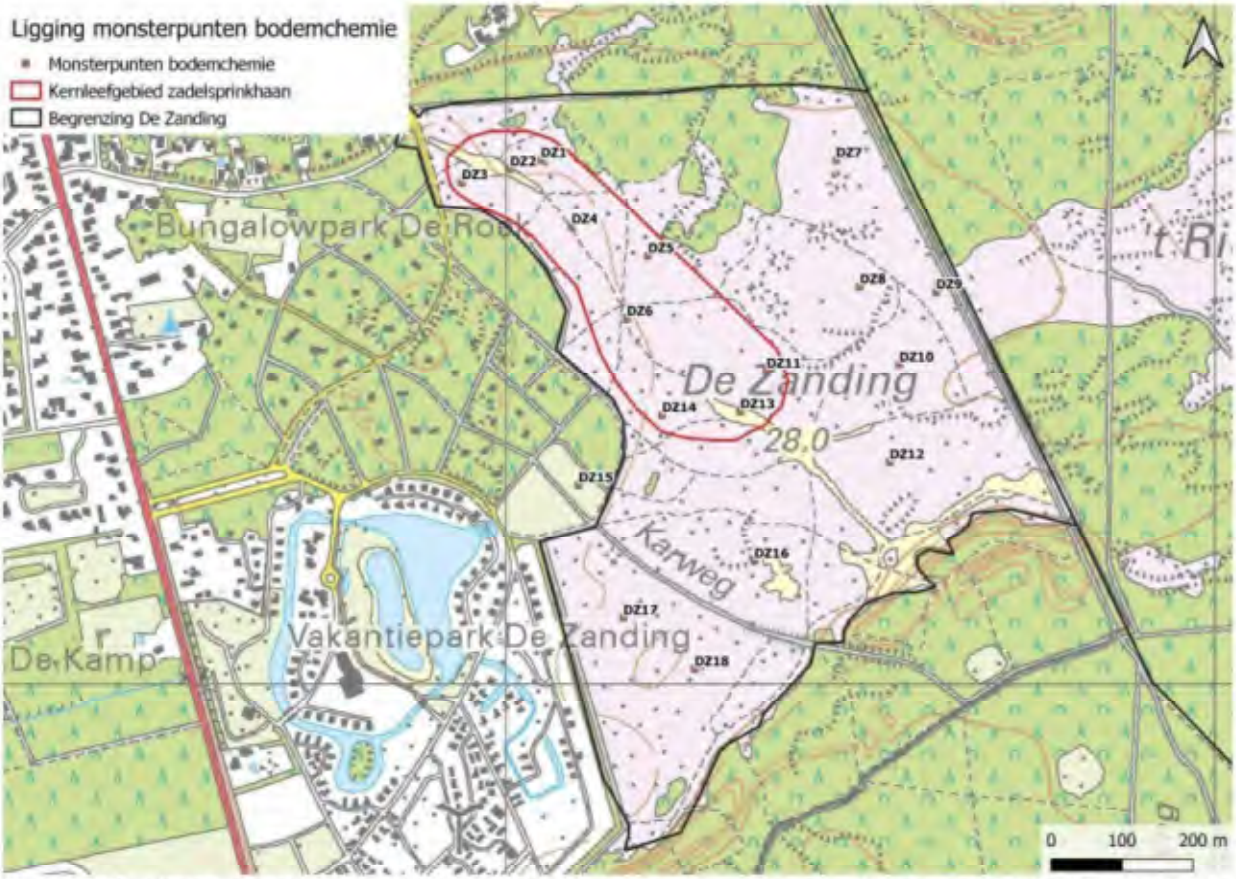
Figuur 10.1 toont de verspreiding van de zadelsprinkhaan in de Zanding in de periode 1980–2019. De zadelsprinkhaan heeft zich de laatste veertig jaar vooral beperkt tot de dicht met struikheide begroeide delen van de Zanding. In de delen waar de vegetatie opener is en heide plaatsmaakt voor stuifzandheide is de soort minder waargenomen. De meeste waarnemingen worden tegenwoordig gedaan in de heide aan weerszijden van het hoofdpad. De verspreiding lijkt steeds verder in te krimpen.



Figuur 10.1. Verspreiding van de zadelsprinkhaan op de Zanding in de periode 2004–2019. Bron: NDFF, EIS-bestand, inventarisatiegegevens Defensie, Stichting Bargerveen en Natuurbalans.

10.2 LIGGING ONDERZOEKSLOCATIES

De ligging van de bodemmonsterpunten is weergegeven in figuur 10.2. DZ1–6, 13 en 14 liggen in het actuele kernleefgebied van de zadelsprinkhaan. De overige monsterpunten liggen in een gebied waar de soort momenteel slechts in lagere dichtheden voorkomt.



Figuur 10.2. Ligging monsterpunten bodemchemie op de Zanding. Monsterpunten in het kernleefgebied van de zadelsprinkhaan zijn omcirkeld met een rode lijn.

10.3 Vegetatie en vegetatiestructuur

De Zanding is grofweg op te delen in twee typen heidebegroeiingen: een deel met een droge heidevegetatie van voornamelijk struikheide en een deel met stuifzandheide, voornamelijk begroeid met Grijs kronkelsteeltje en Buntgras. De zadelsprinkhaan is vrijwel beperkt tot het deel met een droge heide begroeiing.
De struikheidepollen staan er in de droge heidevegetatie voor wat betreft structuur veelal goed bij: vol, compact en stevig (niet uitgezakt); ondanks het ontbreken van begrazing door schapen en herten. Andere delen van de droge heide zijn begroeid met een meer monotone, aaneengesloten heidevegetatie, zonder enige structuurrijkdom.

Langs de paden staan ook talloze kruidensoorten, zoals goed ontwikkelde pollen kruipbrem, die wijzen op buffering van de bodem. Buiten de paden is het aandeel kruiden zeer laag. Op plekken die wat opener zijn duiken kruiden overigens wel meteen op; de bodem lijkt dus nog enigszins gebufferd.

10.4 Resultaten onderzoek bodemchemie

De bodemchemische parameters van de monsterpunten op De Zanding zijn weergegeven in tabel 10.1.

Op De Zanding vormen de lage Ca-beschikbaarheid en de daarmee veel te hoge Al/Ca-ratio in de bodem het grootste knelpunt voor de ontwikkeling van een kruidenrijke heide (tabel 10.1). Ook de basenverzadiging is op alle locaties aan de lage kant, met uitzondering van DZ10, 13, 15 en 18. De bodem-pH daarentegen viel over het algemeen binnen de ranges voor het voorkomen van kruiden in heide. Ammonium vormt geen knelpunt, al werd op locatie DZ13 een verhoogde ammoniumconcentratie in de bodem gemeten van 1076 µmol/l bodem. De bemonsterde locaties waren relatief P-arm met concentraties van 141 tot 648 µmol/l Olsen-P, met uitzondering van locatie DZ15 (kinderspeelveldje) met een Olsen-P concentratie van 1588 µmol/l bodem.

Tabel 10.1. Bodemchemische parameters De Zanding. Metingen in zoutextractie in µmol/l, basenverzadiging (BV) in procenten, cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie bodem (P-t) in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. SH= stuifzandheide; SZ= stuifzandgrasland. Groen= binnen referentiewaarden kruidenrijke heide, geel = net buiten range kruidenrijke heide, rood = ver buiten range kruidenrijke heide. Locaties in blauw liggen binnen het actuele leefgebied van de zadelsprinkhaan.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
DZ1	SZ	1,7	163	1,6	4,1	1146	395	364	123	57	1,4	45	213	8,9	14,7	11,9	ja
DZ2	SH	6,5	595	4,7	3,4	1331	1094	301	447	51	2,5	223	123	1,2	21,8	25,4	nee
DZ3	SH	2,9	515	2,7	3,5	1463	1013	318	440	23	3,7	285	198	1,4	13,0	20,2	nee
DZ4	SZ	1,3	188	1,7	4,3	698	118	278	50	5	2,0	83	27	5,1	7,1	6,6	nee
DZ5	SH	4,3	648	2,2	3,8	1419	605	386	268	25	4,5	74	224	2,1	12,3	21,3	nee
DZ6	SZ	1,1	158	1,6	4,1	838	99	199	57	2	0,5	88	14	8,7	11,2	7,9	nee
DZ7	SZ	3,1	263	1,7	3,9	1170	337	240	202	9	0,9	73	32	3,5	15,4	14,3	nee
DZ8	SZ	1,5	243	1,3	3,7	1257	364	234	173	24	1,3	102	119	3,5	14,7	16,1	nee
DZ9	SZ	2,1	265	2,2	4,0	1240	235	250	145	15	1,4	143	89	5,3	14,5	14,8	nee
DZ10	SZ	2,2	605	3,1	4,1	808	1834	723	1051	127	3,5	105	65	0,4	42,8	20,6	nee
DZ11	SZ	1,2	141	1,9	4,4	407	54	154	29	2	0,6	47	7	7,5	12,4	5,5	nee
DZ12	SZ	1,7	272	1,8	3,7	1186	335	219	228	11	2,0	96	47	3,5	17,9	13,1	nee
DZ13	SH	3,3	569	2,0	3,9	513	1450	354	710	60	3,0	40	1076	0,4	26,8	17,8	ja
DZ14	SH	2,4	333	1,9	3,8	1086	903	350	285	11	2,3	78	135	2,2	13,4	11,5	nee
DZ15	-	4,3	1588	8,9	9,2	184	4590	477	975	39	6,8	90	82	0,04	63,4	23,9	nee
DZ16	SH	1,9	331	1,8	3,9	1079	405	367	208	12	1,3	58	110	2,7	19,3	12,7	nee
DZ17	SZ	1,1	206	1,3	4,3	718	82	187	45	2	0,5	52	18	8,8	22,6	8,7	nee
DZ18	SH	1,1	148	1,9	4,4	598	133	244	78	5	0,5	49	31	4,5	28,3	7,3	nee

10.5 Maatregelen

10.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur

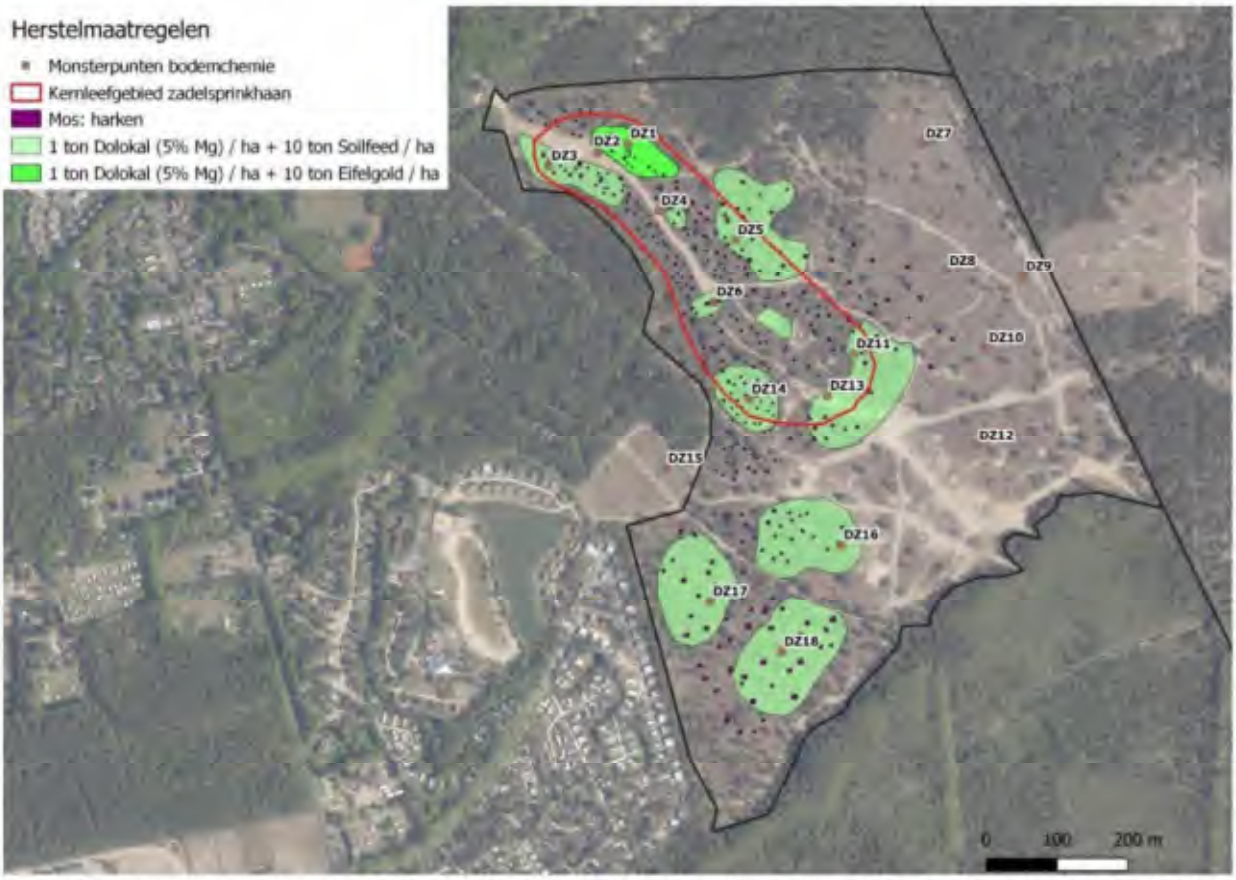
Om het probleem van de vermossing van de bodem in de droge heidevegetatie tegen te gaan wordt geadviseerd om verspreid in het leefgebied van de zadelsprinkhaan op talloze plekken handmatig het mos en het rulle deel van de humus te verwijderen (figuur 10.3). Er kan hierbij gewerkt worden met een hark en een kruiwagen waarbij het materiaal direct naar het hoofdpad kan worden afgevoerd, waar het later kan worden opgehaald. Een laagje humus

dient te worden gespaard (schoensmeerlaagje). Deze zogenaamde plagplekjes hoeven maar 2–5 vierkante groot te zijn, waarbij alle heidepollen worden gespaard en alleen het mos tussen en onder de struiken wordt verwijderd. Op plekken waar de heide dood en verdroogd is mogen de afmetingen van de plekken wat groter zijn.

Er wordt hier gekozen voor een zeer kleinschalige en handmatige maatregel om de oude en mogelijk nog authentieke heidebodem van De Zanding zo min mogelijk te verstoren.

Herstel bodemchemie

Op vrijwel alle locaties is de Al/Ca-ratio te hoog. In vrijwel het hele gebied wordt geadviseerd de Ca-beschikbaarheid te verhogen met een Dolokalgift (5% Mg) van 1 ton/ha, aangevuld met een kaliumrijk steenmeel als Soilfeed (10 ton/ha) (figuur 10.3).



Figuur 10.3. Geadviseerde herstelmaatregelen De Zanding. Geadviseerd wordt om in een groot deel van het gebied de bodemchemie te herstellen door een gift van Dolokal en Soilfeed. Voorafgaand dienen handmatig plagplekken te worden aangelegd door met een hark het mospakket en de rulle humus te verwijderen en af te voeren. Deze plekjes meten bij voorkeur 2–5 m^2 in oppervlak.

10.5.2 Inzaaien kruiden

Terugkeer van kruiden na herstel van de bodemchemie dient bespoedigd te worden door het inzaaien van de juiste plantensoorten of het opbrengen van heischraal maaisel. Idealiter worden soorten gekozen die passen bij het reeds arme karakter van het gebied: zandblauwtje, liggende vleugeltjesbloem, grote tijm, kruip- en stekelbrem, hondsviooltje en enkele andere nader te selecteren soorten.
Geadviseerd wordt om per locatie waar de bodemchemie is hersteld, enkele plekken verspreid in te zaaien. Het beste kan hiervoor gekozen worden voor plekken met een open en zandige bodem zonder strooisellaag. Omdat de geschikte plekken in het veld geselecteerd dienen te worden zijn de locaties niet nader op kaart in figuur 10.3 aangegeven. In totaal zal het gaan om ongeveer 1 ha in te zaaien bodem (tabel 10.2). Zaaigoed of maaisel dienen te worden verkregen door lokaal te verzamelen of te kweken. Het inbrengen van kruiden is tot enkele jaren na behandeling met Dolokal en/of Soilfeed mogelijk.

10.5.3 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer

Geadviseerd wordt het gebied te beheren middels een heidebeheer dat gericht op het behoud van een structuurrijke heidevegetatie met voldoende kale bodem. Een gescheperde begrazing met een kundige herder verdient hierbij aanbeveling, waarbij begrazing van de ingezaaide delen zoveel mogelijk moet worden voorkomen en de schapen buiten het te beheren gebied overnachten. Drukbegrazing van enkele dagen binnen een flex-net wordt afgeraden omdat nutriënten nauwelijks worden afgevoerd en het nivellerend werkt op de vegetatiestructuur.
Enkele locaties binnen het kernleefgebied van de zadelsprinkhaan (DZ1, 5 en 13) dreigen als gevolg van een verhoogde ammoniumconcentratie te vergrassen. Middels gericht begrazingsbeheer kan dit proces in toom worden gehouden.
Door een begrazingsbeheer met een gescheperde kudde blijven de heidestruiken vol, compact en structuurrijk genoeg voor zadelsprinkhaan. Uitblijven van begrazing leidt na vele jaren tot uiteenvallen van de heidestruiken waarbij de benodigde dichte en volle structuur verdwijnt.

Geadviseerd wordt na optimalisatie van het leefgebied zadelsprinkhanen bij te plaatsen uit verwante populaties met een hogere mate van genetische diversiteit.

Tabel 10.2. Overzicht voorgestelde maatregelen De Zanding (zie ook figuur 10.3).

Maatregel	Dosering	Opp (ha)	Hoeveelheid
Verbeteren vegetatiestructuur			
Harken (300 plekjes)		0,5	
Herstel bodemchemie			
Dolokal (5% Mg)	1 ton/ha	9,5	9,5 ton
Soilfeed	10 ton/ha	8,9	89,0 ton
Eifelgold	10 ton/ha	0,5	5,0 ton
Overig			
Inzaaien		1,00	

10.5.4 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen De Zanding

De voorgestelde maatregelen zijn weergegeven in figuur 10.3. Een overzicht van de maatregelen en de benodigde materialen is weergegeven in tabel 10.2.
Het oppervlak te behandelen gebied bedraagt in totaal 9,5 ha. Dat is 19 % van het totaaloppervlak van de Zanding (51 ha).

10.5.5 Verschillen met het advies van B-WARE

B-WARE stelt voor op locatie DZ2 in eerste instantie te kiezen voor een geleidelijk herstel in plaats van voor een snel herstel, zoals op alle andere monsterpunten. Wij kiezen ook op deze locatie voor een sneller herstel. Dit is door B-WARE als optie 2 gegeven.

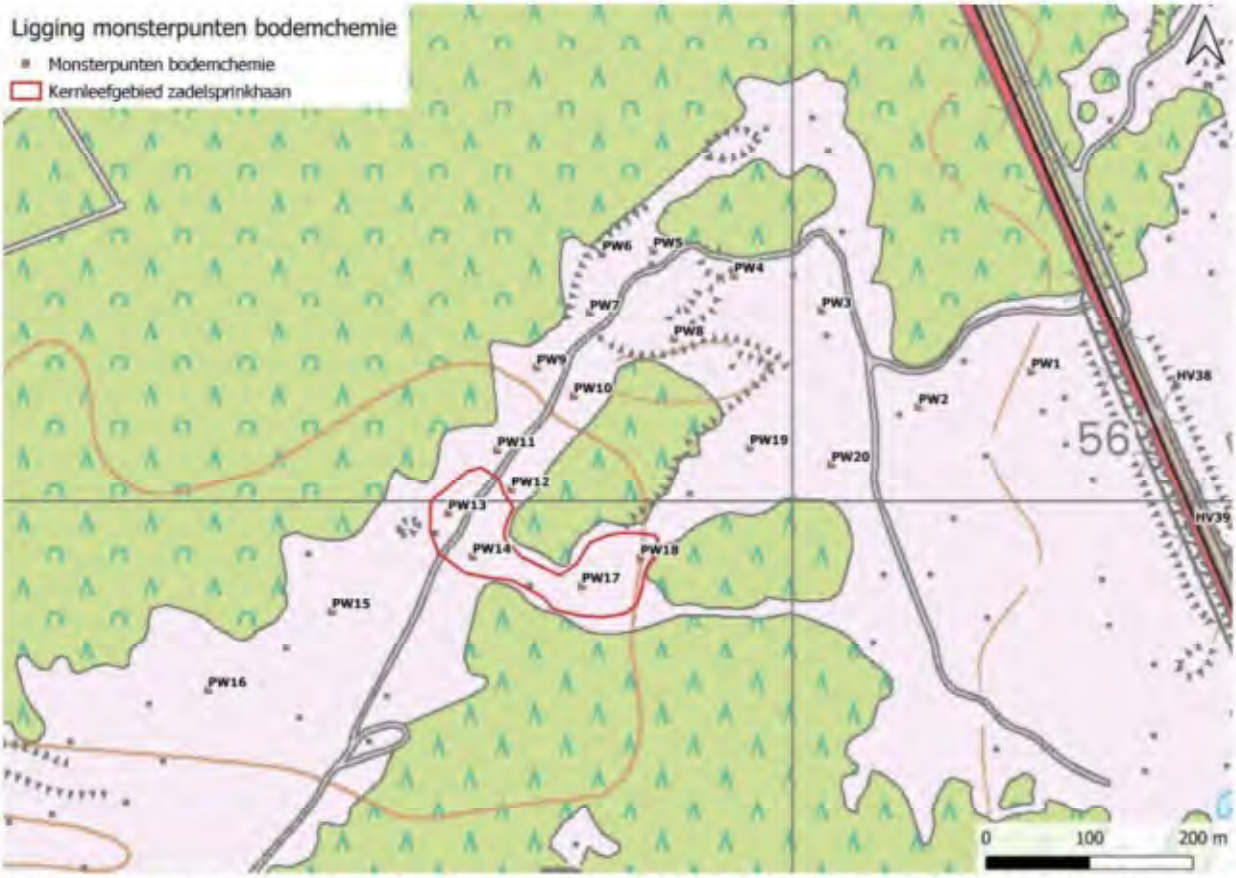
11 PLANKEN WAMBUIS

11.1 VERSPREIDING ZADELSPRINKHAAN

De laatste waarneming van een populatie zadelsprinkhanen op Planken Wambuis stamt uit 2013, toen nog een kleine populatie van 20 zingende mannetjes aanwezig (Felix et al. 2019). De vondst van het paartje zadelsprinkhanen in 2019 betreft de enige waarneming sindsdien (Krekels et al. 2019). In 2018 zijn ondanks intensief onderzoek géén dieren waargenomen. Het is dus duidelijk dat in het gebied nog een zeer kleine "oneven-cohort" aanwezig is. Er is in 2019 door de twee dieren gepaard, dus wellicht dat in het gebied in 2021 nog nakomelingen uit het ei kruipen.

11.2 LIGGING ONDERZOEKSLOCATIES

De ligging van de bodemmonsterpunten op Planken Wambuis is weergegeven in figuur 11.1. Hierin is ook de nauwe begrenzing van het kernleefgebied van de zadelsprinkhaan weergegeven, zoals dat in 2013 gold en waarbinnen de twee exemplaren in 2019 zijn aangetroffen.



Figuur 11.1. Ligging monsterpunten bodemchemie op Planken Wambuis. Het kernleefgebied van de zadelsprinkhaan zoals dat gold in 2013 en waarbinnen de twee exemplaren in 2019 zijn aangetroffen is weergegeven met een rode lijn.

11.3 Vegetatie en vegetatiestructuur

Op Planken Wambuis zijn voldoende open, zandige plekken aanwezig. De plaatselijk aanwezige moslaag is erg dun, en wordt regelmatig kapot gelopen door wild (edelhert). Het is daarom niet nodig om te harken of te chopperen ten einde voldoende open zandige plekken te creëren.
Kruiden zijn schaars, maar her en der nog aanwezig, die wijzen op wat buffering, wat aangeeft dat bekalking en steenmeel zeer waarschijnlijk tot gunstige effecten zullen leiden.
De heidepollen staan er wat betreft structuur erg goed bij staan (compact en vol), als gevolg van een gunstige schapen- en hertenbegrazing.

11.4 Resultaten onderzoek bodemchemie

Op Planken Wambuis zijn een zeer lage Ca-beschikbaarheid, een hoge Al-beschikbaarheid en een daardoor vaak veel te hoge Al/Ca-ratio in de bodem geconstateerd (tabel 9.1). Dit zijn de belangrijkste knelpunten voor de ontwikkeling van een kruidenrijke droge heide.
De basenverzadiging is met uitzondering van PW17 redelijk tot voldoende hoog voor kruiden in de heide (tabel 11.1). Ook de bodem-pH valt over het algemeen binnen de ranges voor het voorkomen van kruiden in heide. Ook in dit terrein vormt ammonium geen knelpunt, al is op locatie PW9 een verhoogde ammoniumconcentratie in de bodem gemeten van 517 µmol/l bodem. De bodem is over het algemeen niet zeer P-rijk met concentraties van 190 tot 612 µmol/l Olsen-P. Een uitzondering is locatie PW14 met een Olsen-P concentratie van 906 µmol/l bodem.

11.5 Maatregelen

11.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur

Gezien de ruime mate van aanwezigheid van plekken met open bodem en de gunstige begrazing door schapen en herten, zijn er verder geen bovengrondse maatregelen nodig.

11.5.2 Herstel bodemchemie

Voor vrijwel alle locaties op Planken Wambuis wordt geadviseerd om de buffercapaciteit en de Ca-beschikbaarheid te verhogen door middel van een toediening van 1 ton Dolokal (5% Mg) per ha met een steenmeelgift van 10 ton Soilfeed/ha.
Mogelijk worden de bekalkte locaties interessanter voor herten en ander wild dan ze nu al zijn (zoals eerder bleek bij het steenmeel experiment in de Hoge Veluwe), en wordt de begrazing in de toekomst als gevolg daarvan te intensief.
Aan de andere kant kan een eventuele aanwezigheid van wolf juist weer zorgen voor een extensivering van de begrazingsdruk, door de herten wat dichter bij de bosrand te houden.
Desondanks dient er rekening te worden gehouden met een aantrekkende werking van bekalking en besteenmeling op herten (zie verder).

Tabel 11.1. Bodemchemische parameters Planken Wambuis. Metingen in zoutextractie in µmol/l, basenverzadiging (BV) in procenten, cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie bodem (P-t) in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. SH= stuifzandheide; SZ= stuifzandgrasland. Groen= binnen referentiewaarden kruidenrijke heide, geel = net buiten range kruidenrijke heide, rood = ver buiten range kruidenrijke heide.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
PW1	SH	1,0	322	1,8	3,7	1009	457	248	313	25	2,0	56	98	2,2	36,2	17,4	nee
PW2	SZ	0,9	409	1,7	3,8	852	218	212	146	5	2,5	45	61	4,0	28,0	12,0	nee
PW3	SH	0,7	286	1,5	4,1	950	95	182	62	1	2,2	49	37	10,0	26,2	11,6	nee
PW4	SH	2,3	237	1,5	3,6	1095	469	314	309	17	1,0	107	119	2,3	26,4	16,0	nee
PW5	SH	1,3	355	1,7	3,9	1024	112	172	75	3	1,8	113	44	9,1	22,9	11,8	nee
PW6	SH	1,1	190	1,3	4,1	1002	98	201	79	3	1,2	52	24	10,2	23,9	10,6	nee
PW7	SH	2,2	332	1,8	3,6	1262	309	271	244	10	1,6	115	237	4,1	21,6	15,0	nee
PW8	SH	1,8	355	1,5	3,9	1176	291	274	175	7	0,7	80	96	4,0	19,8	15,5	nee
PW9	SH	3,5	612	2,1	3,5	1212	611	471	410	19	6,3	298	911	2,0	20,9	22,1	nee
PW10	SH	2,7	514	2,1	3,4	1425	476	264	252	12	2,4	160	186	3,0	16,0	26,2	nee
PW11	SH	1,4	463	1,8	3,8	1244	224	259	156	5	1,4	78	55	5,5	16,5	22,3	nee
PW12	SH	2,3	427	1,7	3,7	1615	60	417	118	3	2,3	39	143	26,9	15,9	19,3	nee
PW13	SH	3,3	416	1,6	3,4	1234	218	223	166	3	3,0	62	108	5,7	16,0	17,4	nee
PW14	SH	3,1	906	3,2	3,5	1182	608	367	522	8	3,5	78	197	1,9	26,1	23,8	nee
PW15	SH	1,4	426	1,6	4,0	1045	259	208	154	8	1,7	64	60	4,0	26,2	14,8	nee
PW16	SH	3,2	454	2,3	3,5	1762	485	348	322	10	2,3	125	281	4,4	16,1	24,0	nee
PW17	SH	4,6	543	2,3	3,6	1472	307	269	195	6	1,9	129	84	4,8	17,3	20,5	nee
PW18	SH	4,5	272	1,4	3,6	934	313	234	187	7	1,2	40	130	3,0	17,5	12,3	nee
PW19	SH	1,8	198	1,2	3,8	992	278	587	160	4	1,3	85	65	4,8	16,9	13,4	nee
PW20	SZ	1,4	406	1,5	3,9	795	264	202	161	9	2,0	70	51	2,8	21,1	10,1	nee

11.5.3 Terugkeer van kruiden

Terugkeer van kruiden na herstel van de bodemchemie dient bespoedigd te worden door het inzaaien van de juiste plantensoorten of het opbrengen van heischraal maaisel. Idealiter worden soorten gekozen die passen bij het reeds arme karakter van het gebied: zandblauwtje, liggende vleugeltjesbloem, grote tijm, kruip- en stekelbrem, hondsviooltje en enkele andere nader te selecteren soorten.

Geadviseerd wordt om per locatie waar de bodemchemie is hersteld, enkele plekken verspreid in te zaaien. Het beste kan hiervoor gekozen worden voor plekken met een open en zandige bodem zonder strooisellaag. Omdat de geschikte plekken in het veld geselecteerd dienen te worden zijn de locaties niet nader op kaart aangegeven. In totaal zal het gaan om ongeveer 2 ha in te zaaien bodem (tabel 11.2). Zaaigoed of maaisel dienen te worden verkregen door lokaal te verzamelen of te kweken. Het inbrengen van kruiden is tot enkele jaren na behandeling met Dolokal en/of Soilfeed mogelijk.

Figuur 11.2. Geadviseerde herstelmaatregelen op Planken Wambuis. Voorgesteld wordt om de bodem te behandelen met een combinatie van Dolokal en Soilfeed en om open zandige plekken in te zaaien met een lokaal kruidenmengel. Chopperen of harken is niet noodzakelijk. De bodem is reeds voldoende open.

11.5.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer

Geadviseerd wordt om enkele locaties uit te rasteren om het effect van begrazing middels monitoring te kunnen meten.

Na herstel van het leefgebied kunnen zadelsprinkhanen worden geherintroduceerd vanuit enkele verwante populaties met een hoge mate van genetische diversiteit.

11.5.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Planken Wambuis

De voorgestelde maatregelen zijn weergegeven in figuur 11.3. Een overzicht van de maatregelen en de benodigde materialen is weergegeven in tabel 11.2.
Het oppervlak te behandelen gebied bedraagt in totaal 16,1 ha. Dat is ongeveer 1 % van het totaaloppervlak van Planken Wambuis (2181 ha).

11.5.6 Verschillen met het advies van B-WARE

In voorliggende rapportage worden enkele adviezen gegeven die verschillen met de door B-WARE voorgestelde maatregelen (zie bijlage).

In eerste instantie wordt door B-WARE geadviseerd te kiezen voor een geleidelijk herstel en alleen Soilfeed toe te dienen. Als tweede optie wordt een combi van Dolokal en Soilfeed genoemd, indien een sneller herstel gewenst is. Omdat er kans bestaat dat er zich nog een populatierestant in het gebied bevindt, wordt hier gekozen voor de snelle variant, om de oorspronkelijke dieren mogelijk nog voor het gebied te behouden.
Voor locatie PW9 wordt geadviseerd om met drukbegrazing vergrassing te voorkomen en de ammoniumconcentratie te verlagen. Op Planken Wambuis wordt niet gewerkt met een gescheperde schaapskudde en is drukbegrazing dus lastig realiseerbaar. Dit lijkt ook niet nodig door de natuurlijke begrazing door herten.

Tabel 11.2. Overzicht voorgestelde maatregelen Planken Wambuis (zie ook figuur 11.2).

Maatregel	Dosering	Opp (ha)	Hoeveelheid
Herstel bodemchemie			
Dolokal (5% Mg)	1 ton/ha	16,1	16,1 ton
Soilfeed	10 ton/ha	16,1	161,0 ton
Overig			
Inzaaien		2,0	

12 HET NATIONALE PARK DE HOGE VELUWE – GYMNASIUM VALLEI EN DEELENSE STRAAL

12.1 VERSPREIDING ZADELSPRINKHAAN

De laatste waarnemingen van een populatie zadelsprinkhanen uit de Hoge Veluwe stammen uit 2017 toen zes roepende mannetjes zijn gehoord in de Gymnasiumvallei (Felix et al. 2019). In 2019 is nog één enkel roepend mannetje waargenomen in de Gymnasiumvallei (Krekels et al. 2019). Er is daarom weinig hoop op aanwezigheid van een populatie. Voor meer informatie over het voorkomen van de zadelsprinkhaan in de Gymnasiumvallei en de Deelense Straal in Het Nationale Park De Hoge Veluwe wordt verwezen naar Felix et al. (2019).

12.2 LIGGING ONDERZOEKSLOCATIES

De ligging van de bodemmonsterpunten is weergegeven in figuur 10.1. In de laatste jaren met waarnemingen uit de Gymnasiumvallei zijn de zadelsprinkhanen gezien in het rood-omlijnde gebied.

Figuur 12.1. Ligging monsterpunten bodemchemie in de Gymnasiumvallei en Deelense Straal in Het Nationale Park De Hoge Veluwe. In de laatste jaren met waarnemingen uit de Gymnasiumvallei zijn de zadelsprinkhanen gezien in het rood-omlijnde gebied.

12.3 Vegetatie en vegetatiestructuur

De vegetatie in de Gymnasiumvallei en de Deelense Straal (HV1 t/m 27) is vaak eentonig met struikheide en daartussen mos (vaak grijs kronkelsteeltje) die de bodem volledig bedekt of gras. Op monsterpunten HV10, 14, 15 en 18 ontbreekt struikheide in de directe nabijheid en hier is grijs kronkelsteeltje de dominante vegetatie met verspreide pollen buntgras. De vegetatie is over het algemeen arm en komt het meest overeen met stuifzandheide en stuifzandgrasland.
Monsterlocaties HV23–27 liggen in een monotone oude struikheidevegetatie, met her en der een kruipbrem.
Her en der zijn plaatsen met flink wat open zand aanwezig, zoals in het noorden van de Gymnasiumvallei (HV8, 9, 11 en 13) en in het voormalige kerngebied van de zadelsprinkhaan (HV19, 20, 22) (figuur 12.1). Ook zijn plaatselijk locaties met ruim voldoende kruiden aanwezig zoals in het heitje ten zuiden van de ijskraam en weer in het voormalige kerngebied van de zadelsprinkhaan (HV21).

12.4 Resultaten onderzoek bodemchemie

Het belangrijkste knelpunt in de Gymnasiumvallei en de Deelsense Straal is de zeer lage Ca-beschikbaarheid en hoge Al-beschikbaarheid en de daardoor vaak veel te hoge Al/Ca-ratio in de bodem (tabel 12.1). De bodem-pH valt over het algemeen binnen de ranges voor het voorkomen van kruiden. De basenverzadiging daarentegen was op bijna alle locaties redelijk met percentages hoger dan 15% (tabel 12.1). Ammonium vormt op deze locaties geen knelpunt, wel is op locatie HV26 een licht verhoogde ammoniumconcentraties in de bodem gemeten van 432 µmol/l bodem. Op locatie HV2 is een hoge Olsen-P concentratie gemeten van 1030 µmol/l bodem. Op de andere locaties varieert de fosfaatbeschikbaarheid van 203 tot 789 µmol/l bodem.

12.5 Maatregelen

12.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur

Geadviseerd wordt om rond HV8, 9, 11 en 13 enkele stuifkopjes open te harken. Er zijn daar her en der al open plekken aanwezig en de vermossing is erg ijl. Het harken kan dus beperkt blijven tot her en der een kopje (figuur 12.2).
Het heideterreintje ten zuiden van de ijskraam, bij HV21, is volledig vermost. Hier dienen een 15-tal plekken handmatig te worden open-geharkt en afgevoerd, elk van ongeveer 10 m^2 (figuur 12.2).
HV23–27 liggen in een monotone oudere heide. Hier wordt voorgesteld om plekken te branden om meer structuur in de monotone heide aan te brengen (figuur 12.2). Aanvullend kan pleksgewijs geharkt worden, maar dat hangt af van het resultaat na branden. Branden vraagt vrijwel altijd om drukbegrazing achteraf om een zogenaamde green flush te voorkomen. Het zou interessant zijn te bezien of het wild in het park de rol van een schaapskudde kan overnemen.

Op de Deelense Straal wordt voorlopig geadviseerd om de prioriteit bij de bodemchemie te leggen (figuur 12.2). Eventuele maatregelen ten aanzien van de vegetatiestructuur kunnen in een later stadium worden uitgevoerd.

Tabel 12.1. Bodemchemische parameters Gymnasiumvallei en Deelense Straal in Het Nationale Park De Hoge Veluwe. Metingen in zoutextractie in µmol/l, basenverzadiging (BV) in procenten, cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie bodem (P-t) in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. SH= stuifzandheide; SZ=stuifzandgrasland. Groen= binnen referentiewaarden kruidenrijke heide, geel = net buiten range kruidenrijke heide, rood = ver buiten range kruidenrijke heide.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
HV1	SH	2,1	547	2,3	4,3	1067	76	221	55	3	1,2	77	54	14,1	17,7	14,9	nee
HV2	SH	4,3	1030	3,2	3,7	1665	161	177	106	8	1,7	99	58	10,3	15,4	19,3	nee
HV3	SH	2,3	412	2,0	4,1	1005	109	265	72	6	1,1	36	31	9,2	20,4	15,4	nee
HV4	SH	2,0	373	1,9	3,7	1291	117	181	83	3	1,3	53	53	11,0	22,0	12,4	nee
HV5	SZ	1,4	359	1,8	4,7	914	236	224	85	5	1,2	49	34	3,8	25,2	13,3	nee
HV6	SH	1,8	789	2,0	3,6	1661	289	216	148	11	2,1	31	84	5,7	12,9	25,9	nee
HV7	SH	2,2	510	1,9	3,7	1230	295	236	177	7	1,5	52	64	4,2	19,4	19,2	nee
HV8	SH	1,8	447	1,7	3,6	1016	338	240	192	9	5,2	46	75	3,0	20,6	15,6	nee
HV9	SH	1,3	314	1,1	3,6	948	114	174	79	2	1,4	46	62	8,3	22,2	9,9	nee
HV10	SZ	1,5	349	1,6	4,1	841	209	277	173	6	2,7	23	124	4,0	33,2	10,6	nee
HV11	SH	0,9	203	0,9	4,0	915	48	217	57	1	0,4	30	18	19,0	28,9	10,7	nee
HV12	SH	1,4	335	2,1	3,9	810	267	356	211	7	2,7	30	133	3,0	32,9	13,3	nee
HV13	SH	1,1	298	1,4	4,3	913	89	165	50	2	1,4	84	20	10,3	24,8	10,5	nee
HV14	SZ	1,6	393	2,0	4,1	874	162	253	112	4	4,4	27	116	5,4	31,8	10,4	nee
HV15	SZ	1,3	228	1,6	4,0	750	133	192	92	5	0,9	71	106	5,6	30,4	10,3	nee
HV16	SH	1,3	467	1,7	3,9	1101	161	227	102	7	1,8	50	71	6,8	22,5	12,6	nee
HV17	SH	1,0	480	2,0	3,9	905	94	210	90	4	3,2	39	67	9,7	28,1	11,5	nee
HV18	SZ	0,9	313	1,9	4,0	918	88	166	60	2	1,2	56	30	11,0	24,7	10,3	nee
HV19	SH	3,4	547	3,2	3,8	1098	1014	479	402	30	3,3	20	166	1,1	26,3	21,0	nee
HV20	SH	1,4	455	2,8	4,2	1204	121	257	81	10	1,0	48	34	10,0	21,5	12,9	nee
HV21	SH	3,9	481	2,7	3,7	1531	549	264	270	16	2,6	79	170	2,8	23,3	26,0	nee
HV22	SH	1,6	505	2,2	3,8	1172	211	271	132	8	3,0	25	175	5,6	21,5	16,1	nee
HV23	SH	3,1	482	2,4	3,5	1293	831	371	337	37	3,2	73	163	1,6	18,0	22,0	nee
HV24	SH	4,4	577	2,4	3,3	1431	268	345	235	9	1,7	56	204	5,3	16,8	39,2	nee
HV25	SH	6,6	558	3,0	3,2	1706	821	426	574	41	0,9	29	152	2,1	11,9	26,3	nee
HV26	SH	4,6	492	3,0	3,4	1915	627	304	405	37	2,8	112	432	5,1	12,9	34,1	nee
HV27	SH	2,7	538	1,8	3,6	1050	418	252	238	21	2,2	46	104	2,5	19,1	16,3	nee

12.5.2 Herstel bodemchemie

Op alle locaties in de Gymnasiumvallei en Deelense Straal wordt geadviseerd om de Ca-beschikbaarheid te verhogen door een steenmeelgift van 10 ton Soilfeed/ha in combinatie met 1 ton Dolokal (5% Mg) per ha (figuur 12.2).

12.5.3 Inzaaien kruiden

Terugkeer van kruiden na herstel van de bodemchemie dient bespoedigd te worden door het inzaaien van de juiste plantensoorten of het opbrengen van heischraal maaisel. Idealiter worden soorten gekozen die passen bij het reeds arme karakter van het gebied: zandblauwtje,

liggende vleugeltjesbloem, grote tijm, kruip- en stekelbrem, hondsviooltje en enkele andere nader te selecteren soorten.
Geadviseerd wordt om per locatie waar de bodemchemie is hersteld, enkele plekken verspreid in te zaaien. Het beste kan hiervoor gekozen worden voor plekken met een open en zandige bodem zonder strooisellaag. Omdat de geschikte plekken in het veld geselecteerd dienen te worden zijn de locaties niet nader op kaart aangegeven. In totaal zal het gaan om ongeveer 2 ha in te zaaien bodem (tabel 12.2). Zaaigoed of maaisel dienen te worden verkregen door lokaal te verzamelen of te kweken. Het inbrengen van kruiden is tot enkele jaren na behandeling met Dolokal en/of Soilfeed mogelijk.

Figuur 12.2. Geadviseerde herstelmaatregelen in de Gymnasiumvallei en Deelense Straal in Het Nationale Park De Hoge Veluwe.

12.5.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer

Heidebeheer gericht op het tegengaan van vergrassing en het behoud van een structuurrijke heidevegetatie met voldoende kale bodem tussen de heidestruiken. Vergrassing dient middels natuurlijke begrazing te worden tegen gegaan. Een gezonde heidestructuur dient bij gebrek aan de mogelijkheid van een gescheperde begrazing te worden bereikt via maaien of branden van oude, ineenstortende struikheide.

Na herstel van het leefgebied kunnen zadelsprinkhanen worden geherintroduceerd vanuit enkele verwante populaties met een hoge mate van genetische diversiteit.

12.5.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Gymnasiumvallei en Deelense Straal

De voorgestelde maatregelen zijn weergegeven in figuur 12.2. Een overzicht van de maatregelen en de benodigde materialen is weergegeven tabel 12.2.
Het oppervlak te behandelen gebied bedraagt in totaal 22,4 ha. Dat is nog geen 0,5 % van het totaaloppervlak van Het Nationale Park De Hoge Veluwe (5137 ha).

Tabel 12.2. Overzicht voorgestelde maatregelen Gymnasiumvallei en Deelense Straal (zie ook figuur 10.2).

Maatregel	Dosering	Opp (ha)	Hoeveelheid
Verbeteren vegetatiestructuur			
Harken		0,1	
Branden		1,1	
Herstel bodemchemie			
Dolokal (5% Mg)	1 ton/ha	22,4	22,4 ton
Soilfeed	10 ton/ha	22,4	224,0 ton
Overig			
Inzaaien		2,0	

12.5.6 Verschillen met adviezen van B-WARE

In het advies van B-WARE (bijlage 1) wordt gekozen voor een geleidelijk herstel van de Ca-beschikbaarheid door een steenmeelgift van 10 ton Soilfeed / ha. Als tweede optie wordt een combi met 1 ton Dolokal (5% Mg) / ha genoemd. In voorliggend geval wordt gekozen voor de combi met Dolokal, aangezien de waarneming van 2019 aantoont dat er zich mogelijk nog dieren in het gebied bevinden, en de wens het leefgebied snel te herstellen daarom legitiem is.

Op locatie HV26 wordt geadviseerd om met drukbegrazing vergrassing te voorkomen en de ammoniumconcentratie te verlagen. Op de Hoge Veluwe wordt niet gewerkt met drukbegrazing, dus het eventuele optreden van vergrassing dient op een andere wijze te worden tegen gegaan (maaien of branden).

13 HET NATIONALE PARK DE HOGE VELUWE – VERDRONKEN BOS

13.1 Verspreiding zadelsprinkhaan

De laatste waarneming van een zadelsprinkhaan in het Verdronken Bos op de Hoge Veluwe stamt uit 2015. Nadien zijn er diverse inventarisaties uitgevoerd, maar is de soort er niet meer vastgesteld (Felix et al. 2019). Voor een overzicht van het historisch voorkomen van de zadelsprinkhaan in het Verdronken Bos wordt verwezen naar Felix et al. (2019).

13.2 Ligging onderzoekslocaties

De ligging van de bodemmonsterpunten is weergegeven in figuur 13.1. Gezien het ontbreken van waarnemingen van de zadelsprinkhaan na 2007 is er geen sprake meer van een kernleefgebied.

13.3 Vegetatie en vegetatiestructuur

De vegetatie in het voormalige leefgebied in het Verdronken Bos is monotoon en bestaat uit een vrij ijle begroeiing van, vaak afgestorven struikheide met een dominante begroeiing van mos (vaak grijs kronkelsteeltje). De moslaag is vaak slechts een enkele centimeter dun. Kruiden zijn vrijwel afwezig.
Monsterpunten HV38–41 liggen op een wal die is aangelegd bij de realisatie van het ecoduct aldaar. De bodem is daar rijker en begroeid met kruiden en grassen. Er groeit bijvoorbeeld veel zandblauwtje. Dit walletje vormt door de afwezigheid van struikheide geen geschikt leefgebied voor de zadelsprinkhaan.

13.4 Resultaten onderzoek bodemchemie

Het belangrijkste knelpunt voor wat betreft de bodemchemie is de zeer lage Ca-beschikbaarheid en hoge Al-beschikbaarheid, waardoor de bodem een veel te hoge Al/Ca-ratio kent (tabel 13.1). Een uitzondering is locatie HV41 met een hoge Ca-beschikbaarheid van 6788 µmol/l, zeer lage Al/Ca-ratio van 0,01 en hoge basenverzadiging van 90,6%. Deze locatie is waarschijnlijk bekalkt.
De bodem-pH is voldoende hoog voor het voorkomen van kruiden in heide. De basenverzadiging was op alle locaties redelijk met percentages hoger dan 15% (tabel 13.1). Ammonium vormt nauwelijks een knelpunt, al werd op locatie HV31 een wat verhoogde ammoniumconcentraties in de bodem gemeten van 530 µmol/l bodem. De fosfaatbeschikbaarheid varieerde van 325 tot 569 µmol/l bodem.

Figuur 13.1. Ligging monsterpunten bodemchemie in het Verdronken Bos in Het Nationale Park De Hoge Veluwe.

Tabel 13.1. Bodemchemische parameters Verdronken Bos, Het Nationale Park De Hoge Veluwe. Metingen in zoutextractie in µmol/l, basenverzadiging (BV) in procenten, cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie bodem (P-t) in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. SH= stuifzandheide; SZ=stuifzandgrasland. Groen= binnen referentiewaarden kruidenrijke heide, geel = net buiten range kruidenrijke heide, rood = ver buiten range kruidenrijke heide.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
HV28	SH	2,1	444	2,2	3,7	1603	994	258	153	5	1,7	96	82	8,2	17,3	19,7	nee
HV29	SH	1,3	449	2,3	3,8	1492	552	382	174	5	1,6	89	217	9,8	20,9	19,9	nee
HV30	SH	3,2	383	1,5	3,6	1673	528	338	226	3	1,5	20	177	11,6	18,9	22,7	nee
HV31	SH	1,8	549	2,1	3,8	1198	991	387	100	4	2,4	164	530	8,2	21,9	15,5	nee
HV32	SH	2,0	471	2,2	3,8	1545	771	190	67	3	1,5	96	25	11,6	17,2	18,0	nee
HV33	SH	1,0	343	1,4	4,0	944	74	175	57	2	1,3	67	27	12,7	26,4	10,4	nee
HV34	SH	0,9	376	2,1	3,8	953	91	193	65	2	1,7	90	43	10,5	24,0	11,9	nee
HV35	SH	2,6	375	1,4	3,5	1534	318	249	151	9	2,0	69	140	4,8	18,4	17,0	nee
HV36	SH	1,6	569	2,1	3,7	1083	117	225	101	4	2,2	83	58	9,2	35,5	14,3	nee
HV37	SH	0,9	325	1,7	4,0	876	72	191	61	2	2,8	67	37	12,1	27,2	10,9	nee
HV38	SH	1,7	389	2,3	4,1	1490	248	300	176	14	2,0	82	111	6,0	20,1	19,4	nee
HV39	SZ	1,2	383	2,2	4,4	898	391	305	111	14	2,4	25	48	2,9	28,0	13,4	nee
HV40	SZ	1,2	567	2,7	4,1	978	246	234	150	12	2,8	81	37	4,0	27,0	11,9	nee
HV41	SZ	2,9	484	3,7	5,1	35	6788	400	820	5	2,0	58	85	0,01	90,6	31,9	nee

13.5 Maatregelen

13.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur

Maatregelen ter verbetering van de vegetatiestructuur zijn reeds in 2020 door het Nationale Park uitgevoerd, in samenwerking met de Unie van Bosgroepen. Op een tiental locaties is de moslaag verwijderd (figuur 13.2). In totaal is een oppervlakte van 2,4 ha aangepakt.

13.5.2 Herstel bodemchemie

Ook de maatregelen ter verbetering van de bodemchemie zijn reeds uitgevoerd in 2020. Over een oppervlak van 27,4 ha is Soilfeed (10 ton / ha) uitgestrooid. De 2,4 ha aan afgeschraapte locaties zijn behandeld met 2 ton Dolokal / ha (5% Mg) (figuur 13.2).

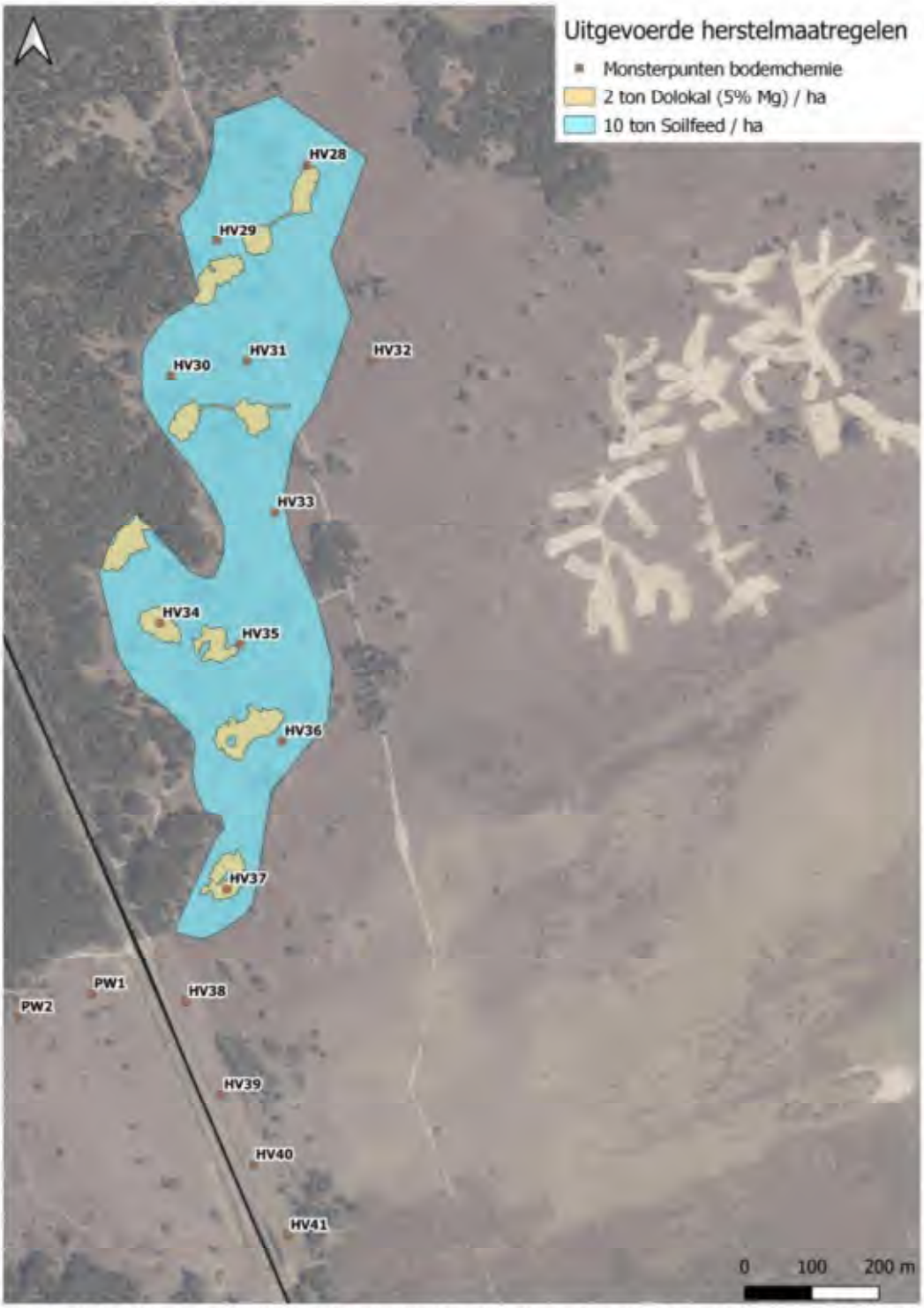
13.5.3 Inzaaien kruiden

Lokaal verzameld zaad van kruiden of maaisel wordt in de loop van 2021 op de behandelde plekken uitgestrooid.

13.5.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer

Heidebeheer gericht op het tegengaan van vergrassing en het behoud van een structuurrijke heidevegetatie met voldoende kale bodem tussen de heidestruiken. Vergrassing dient middels natuurlijke begrazing te worden tegen gegaan. Een gezonde heidestructuur dient bij gebrek aan

de mogelijkheid van een gescheperde begrazing te worden bereikt via maaien of branden van oude, ineenstortende struikheide.



Figuur 13.2. Uitgevoerde herstelmaatregelen Verdronken Bos, Het Nationale Park De Hoge Veluwe. De weergegeven maatregelen zijn uitgevoerd in 2020.

13.5.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Hoge Veluwe – Verdronken Bos

Maatregelen zijn reeds uitgevoerd in 2020. Er wordt hier geen overzicht van geadviseerde waarnemingen gepresenteerd.

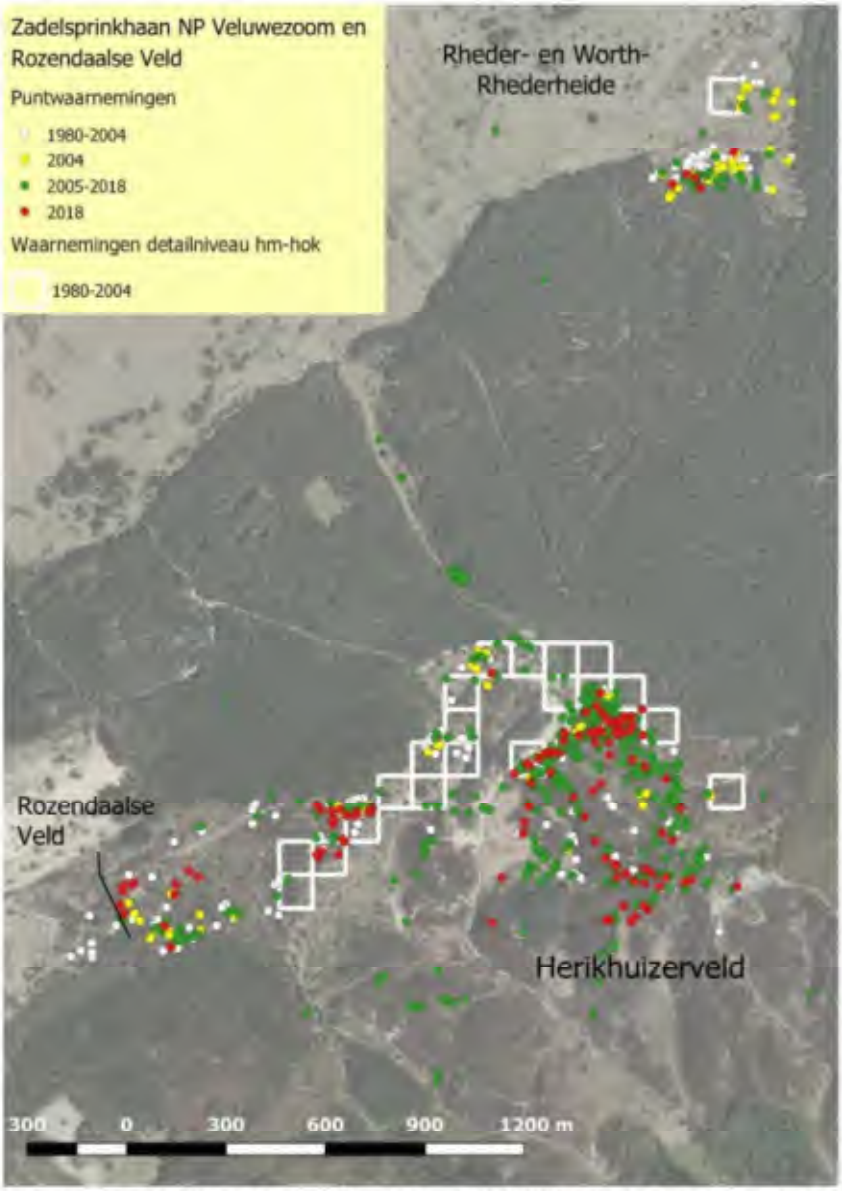
13.5.6 Verschillen met adviezen van B-WARE

In het advies van B-WARE (bijlage 1) wordt gekozen voor een geleidelijk herstel van de Ca-beschikbaarheid door een steenmeelgift van 10 ton Soilfeed / ha. Als tweede optie wordt een combi met 1 ton Dolokal (5% Mg) / ha genoemd. In voorliggend geval is gekozen voor de combi met Dolokal, maar in een iets hogere dosis (2 ton /ha).
Op locatie HV31 wordt daarnaast geadviseerd om met drukbegrazing vergrassing te voorkomen en de ammoniumconcentratie te verlagen. Op de Hoge Veluwe wordt niet gewerkt met drukbegrazing, dus het eventuele optreden van vergrassing dient op een andere wijze te worden tegen gegaan (maaien of branden).

14 NATIONAAL PARK VELUWEZOOM

14.1 VERSPREIDING ZADELSPRINKHAAN

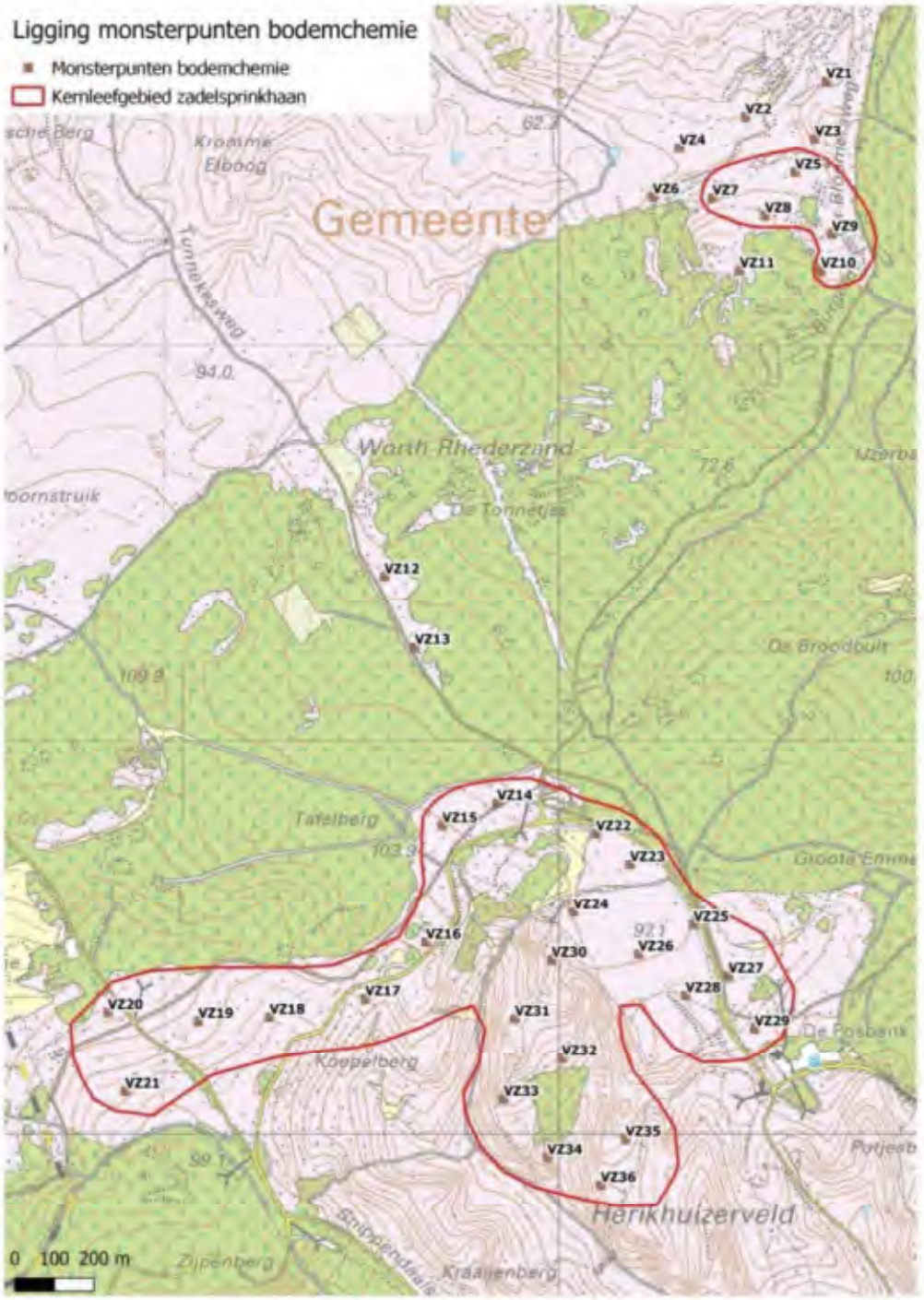
De verspreiding van de zadelsprinkhaan op de Veluwezoom tot 2018 is weergegeven in figuur 14.1. In 2020 is een dekkende telling gedaan door stagiaires bij Natuurmonumenten. Er zijn toen hoge aantallen waargenomen (pers. med. 5.1.2e, Natuurmonumenten). Deze gegevens zijn nog niet beschikbaar.



Figuur 14.1. Verspreiding zadelsprinkhaan Veluwezoom tot 2018 (Bron: NDFF, EIS-bestand, Natuurbalans). In 2020 is een dekkende telling gedaan en zijn hoge aantallen waargenomen (pers. med. 5.1.2e, Natuurmonumenten). Deze gegevens zijn nog niet beschikbaar.

14.2 LIGGING ONDERZOEKSLOCATIES

De ligging van de bodemmonsterpunten is weergegeven in figuur 14.2. Verreweg de meeste monsterpunten liggen in het actuele kernleefgebied van de zadelsprinkhaan, dat is weergegeven met een rode lijn.



Figuur 14.1. Ligging monsterpunten bodemchemie Veluwezoom. De monsterpunten die binnen het kernleefgebied van de zadelsprinkhaan liggen zijn rood-omlijnd.

14.3 Vegetatie en vegetatiestructuur

Het grootste deel van het leefgebied van de zadelsprinkhaan op het Herikhuizerveld is begroeid met aaneengesloten struikheidevegetaties, bestaande uit oude, volle goed ontwikkelde heidestruiken. Verspreid liggen vlakken met volledig verdroogde en afgestorven heide.
Vrijwel overal is de bodem tussen de heidepollen bedekt met een gesloten mospakket, meestal van heideklauwtjesmos.
De noordelijke monsterpunten liggen op de Rheder- en Worth-Rhederheide. Hier speelt vermossing een mindere rol. Hier is de vegetatie duidelijk armer en is veel meer open zand aanwezig.

14.4 Resultaten onderzoek bodemchemie

Het belangrijkste knelpunt voor het ontwikkelen van een kruidenrijke heide op de Veluwezoom is de lage Ca-beschikbaarheid en lage basenverzadiging (tabel 14.1). De Al/Ca-ratio viel daarentegen over het algemeen binnen de ranges voor het voorkomen van kruiden in de heide (<2 mol/mol). Ook de bodem-pH viel binnen of net buiten de range gemeten in kruidenrijke heiden.
Op ruim de helft van de bemonsterde locaties is een licht tot sterk verhoogde ammoniumconcentratie in de bodem gemeten. Hiermee vormt ammonium een knelpunt voor de ontwikkeling van een kruidenrijke heide.
De bodem van de Veluwezoom is niet sterk verrijkt met fosfaat met concentraties variërend van 271 tot 818 µmol/l bodem. Op locaties VZ11, 13, 31-33 en 35 is een indicatie voor een scheve N/P-ratio in de vegetatie gevonden, vanwege een te hoge stikstofrijkdom in de bodem. Op deze locaties zijn aanvullende maatregelen nodig om de stikstofconcentraties in de bodem te verlagen.

14.5 Maatregelen

14.5.1 Verbeteren vegetatiestructuur

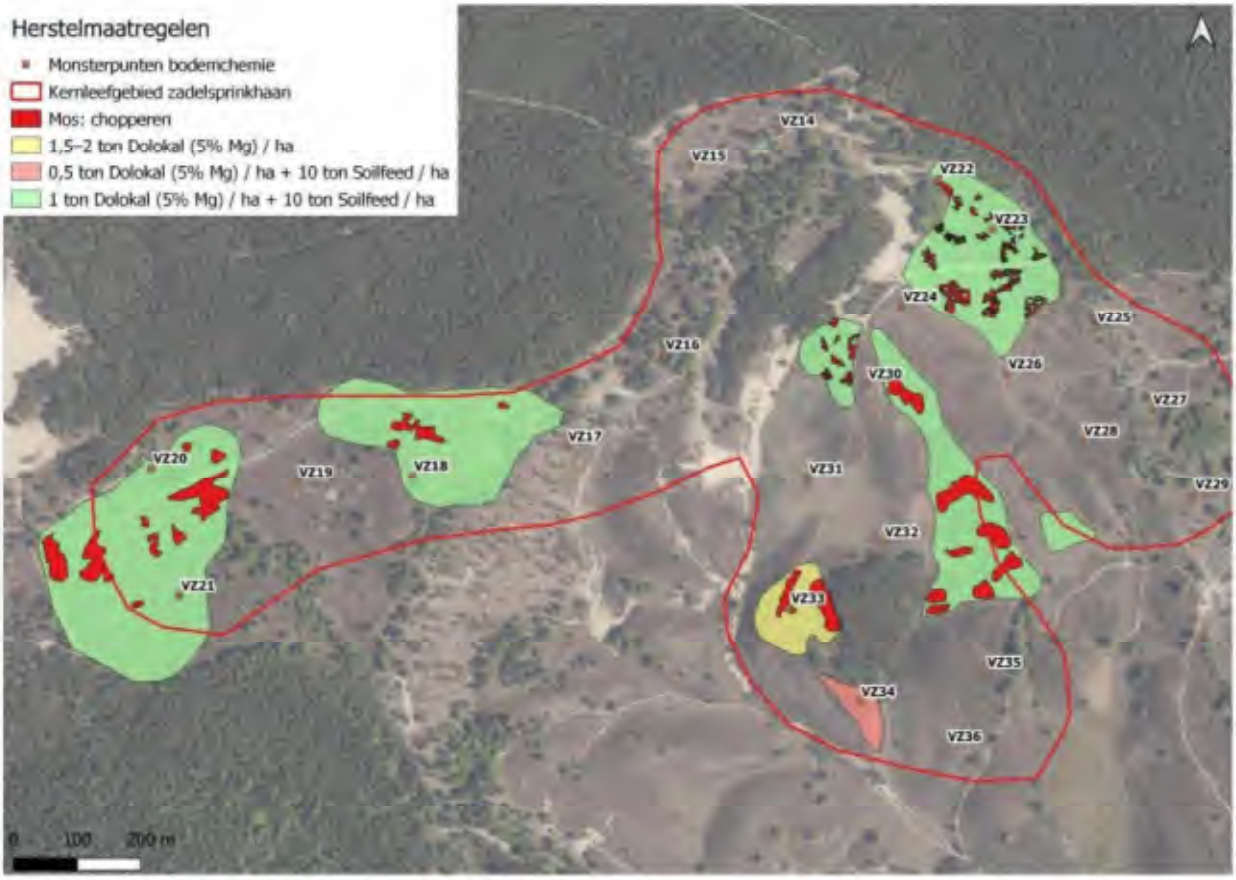
Verbeteringen ten aanzien van de vegetatie en vegetatiestructuur richten zich voornamelijk op het creëren van mosvrije plekken tussen de heidestruiken en het aanpakken van volledig verdroogde en afgestorven heidevegetaties. Hiertoe dient kleinschalig te worden gechopperd (figuur 14.2).

14.5.2 Herstel bodemchemie

Vanwege het grote oppervlak aan heidevegetaties die voor behandeling in aanmerking komen wordt voorgesteld een selectie te maken aan locaties die worden hersteld. In figuur 14.2 zijn de voor zadelsprinkhaan belangrijkste locaties aangegeven. Overige monsterpunten kunnen in een later stadium aan de beurt komen. De noordelijke monsterpunten liggen op de Rheder- en Worth-Rhederheide, in het zogenaamde 'nagenoeg natuurlijke landschap', waar door Natuurmonumenten nauwelijks tot geen beheer-ingrepen worden gedaan.

Tabel 14.1. Bodemchemische parameters Veluwezoom. Metingen in zoutextractie in µmol/l, basenverzadiging (BV) in procenten, cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie bodem (P-t) in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. DH: droge heide; SH: stuifzandheide; SZ=stuifzandgrasland. Groen= binnen referentiewaarden kruidenrijke heide, geel = net buiten range kruidenrijke heide, rood = ver buiten range kruidenrijke heide. Locaties in blauw liggen binnen het actuele leefgebied van de zadelsprinkhaan.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
VZ1	SH	3,0	447	1,9	3,3	1167	606	274	270	37	2,6	164	227	1,9	13,7	23,3	nee
VZ2	SH	5,6	706	2,7	3,4	1754	1200	200	460	88	3,4	113	127	1,5	7,8	26,7	nee
VZ3	SH	3,8	285	2,0	3,5	1317	821	334	260	30	1,0	81	137	1,6	12,1	25,7	nee
VZ4	SH	0,7	521	2,1	3,8	742	425	259	194	24	1,5	75	71	1,7	12,3	12,1	nee
VZ5	SH	4,1	621	2,2	3,3	879	488	342	453	11	3,1	70	269	1,8	18,5	24,8	nee
VZ6	DH	5,2	524	2,2	3,3	872	1472	338	542	85	6,4	72	151	0,6	23,1	29,5	nee
VZ7	DH	5,0	550	2,4	3,4	793	757	255	318	12	3,4	40	208	1,0	16,4	17,6	nee
VZ8	SH	3,6	474	2,3	3,2	1065	664	423	255	31	6,4	82	580	1,6	12,6	21,2	nee
VZ9	SH	3,6	379	1,8	3,3	851	461	207	149	20	4,3	69	92	1,8	10,1	18,5	nee
VZ10	SH	4,4	318	2,0	3,2	1460	748	229	415	46	1,6	61	247	2,0	4,7	30,2	nee
VZ11	DH	5,1	458	2,4	3,2	1471	969	486	639	49	2,1	40	1017	1,5	11,4	28,5	ja
VZ12	DH	4,5	469	2,0	3,3	1144	784	309	391	26	1,6	72	330	1,5	10,5	18,5	nee
VZ13	DH	5,5	394	2,0	3,2	1164	1001	412	776	72	4,1	157	477	1,2	10,8	27,1	ja
VZ14	SH	2,6	443	1,9	3,6	678	337	209	119	32	3,1	117	90	1,9	10,1	11,0	nee
VZ15	SH	2,3	373	1,3	3,3	891	377	296	272	22	2,2	60	197	1,5	15,3	18,1	nee
VZ16	SH	1,3	338	1,6	3,8	579	285	203	116	14	4,2	120	71	2,0	12,2	8,9	nee
VZ17	DH	12,7	522	1,6	3,1	980	588	119	174	27	2,8	51	89	1,7	10,9	24,4	nee
VZ18	SH	3,5	420	1,6	3,3	823	462	211	373	26	5,8	55	118	1,2	15,7	17,3	nee
VZ19	SH	3,2	422	1,5	3,5	693	549	356	243	39	2,0	81	405	1,3	13,9	15,0	nee
VZ20	SH	4,3	317	2,3	3,4	1708	906	380	117	6	1,2	123	240	95,7	2,9	24,1	nee
VZ21	SH	3,8	494	1,9	3,2	1017	569	447	340	35	2,6	81	186	1,8	11,6	21,4	nee
VZ22	DH	5,5	587	2,1	3,3	812	417	215	158	45	4,4	111	61	1,9	13,0	18,0	nee
VZ23	DH	5,6	498	2,1	3,3	760	314	200	210	27	3,8	106	162	2,4	16,5	13,9	nee
VZ24	DH	7,2	600	2,5	3,2	1069	798	231	348	96	3,7	144	135	1,3	10,8	21,8	nee
VZ25	DH	5,0	818	4,0	3,4	2098	755	500	575	74	3,1	107	723	2,8	7,5	30,8	nee
VZ26	DH	5,5	794	2,4	3,2	920	1266	439	608	79	10,0	69	234	0,7	20,6	24,0	nee
VZ27	DH	11,5	678	2,8	3,2	2061	1255	400	651	123	2,4	211	508	1,6	13,3	36,8	nee
VZ28	DH	8,0	805	3,3	3,5	1606	1299	1023	567	75	1,2	124	956	1,2	17,5	31,0	nee
VZ29	DH	8,3	636	4,0	3,4	2881	533	434	339	48	1,8	203	218	5,4	7,0	37,8	nee
VZ30	DH	5,6	475	1,7	3,1	997	907	286	334	78	5,1	133	156	1,1	15,5	21,2	nee
VZ31	DH	11,1	365	2,1	3,5	1828	1244	617	432	74	0,9	84	548	1,5	15,2	32,5	ja
VZ32	DH	6,3	482	2,1	3,4	1060	1209	842	599	96	1,6	142	744	0,9	17,9	27,9	ja
VZ33	DH	5,8	488	1,7	3,2	1483	536	556	333	33	1,4	86	1147	2,8	8,5	26,8	ja
VZ34	DH	5,9	321	1,3	3,2	525	1640	251	538	68	5,1	108	323	0,3	29,0	30,2	nee
VZ35	DH	6,9	271	1,8	3,4	1654	1278	487	440	98	0,9	118	357	1,3	14,3	30,2	ja
VZ36	SH	3,9	356	1,6	3,3	625	1927	309	784	55	2,6	83	210	0,3	22,6	16,2	nee



Figuur 14.2. Geadviseerde herstelmaatregelen op de Veluwezoom.

Geadviseerd wordt de onvoldoende gebufferde locaties te behandelen met een kalkgift van 1 ton Dolokal (5% Mg)/ha, in combinatie met een kaliumrijk steenmeel (10 ton Soilfeed/ha). Voor locatie VZ34 wordt vanwege de al hoge Ca-beschikbaarheid gedacht aan een lagere kalkgift van 0,5 ton Dolokal (5% Mg)/ha, in combinatie met een kaliumrijk steenmeel (10 ton Soilfeed/ha). Vanwege de zeer hoge ammoniumconcentraties in de bodem op locaties VZ33 wordt geadviseerd om te chopperen in combinatie met een Dolokal gift van 1,5-2 ton/ha (figuur 14.2).

14.5.3 Inzaaien kruiden

Terugkeer van kruiden na herstel van de bodemchemie dient bespoedigd te worden door het inzaaien van de juiste plantensoorten of het opbrengen van heischraal maaisel. Idealiter worden soorten gekozen die passen bij het reeds arme karakter van het gebied: zandblauwtje, liggende vleugeltjesbloem, grote tijm, kruip- en stekelbrem, hondsviooltje en enkele andere nader te selecteren soorten.
Geadviseerd wordt om per locatie waar de bodemchemie is hersteld, enkele plekken verspreid in te zaaien. Het beste kan hiervoor gekozen worden voor plekken met een open en zandige bodem zonder strooisellaag. Omdat de geschikte plekken in het veld geselecteerd dienen te worden zijn de locaties niet nader aangegeven. In totaal zal het gaan om ongeveer 3 ha in te zaaien bodem (tabel 6.2). Zaaigoed of maaisel dienen te worden verkregen door lokaal te

verzamelen of te kweken. Het inbrengen van kruiden is tot enkele jaren na behandeling met Dolokal en/of Soilfeed mogelijk.

14.5.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer

Geadviseerd wordt de staat van de heidevegetaties te optimaliseren middels begrazing met een gescheperde schaapskudde en te werken met een goed geïnstrueerde herder. Heidestruiken blijven hiermee vol, compact en structuurrijk genoeg voor zadelsprinkhaan. Uitblijven van begrazing leidt na vele jaren tot uiteenvallen van de heidestruiken waarbij de benodigde dichte en volle structuur verdwijnt.
Enkele locaties dreigen als gevolg van een verhoogde ammoniumconcentratie te vergrassen. Middels gericht begrazingsbeheer kan dit proces in toom worden gehouden. Gescheperde schapenbegrazing kan tevens bijdragen aan het open houden van de bodem.

Geadviseerd wordt na optimalisatie van het leefgebied zadelsprinkhanen bij te plaatsen uit verwante populaties met een hogere mate van genetische diversiteit.

14.5.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Veluwezoom

De voorgestelde maatregelen zijn weergegeven in figuur 14.2. Een overzicht van de maatregelen en de benodigde materialen is weergegeven in tabel 14.2.
Het oppervlak te behandelen gebied bedraagt in totaal 33,6 ha. Dat is 0,7 % van het totaaloppervlak van de Veluwezoom (5015 ha).

Tabel 14.2. Overzicht voorgestelde maatregelen Veluwezoom. De maatregelen zijn weergegeven in figuur 14.2.

Maatregel	Dosering	Opp (ha)	Hoeveelheid
Verbeteren vegetatiestructuur			
Chopperen		2,6	
Herstel bodemchemie			
Dolokal (5% Mg)	0,5 ton/ha	0,5	0,5 ton
	1 ton/ha	22,2	22,2 ton
	1,5–2 ton/ha	1,3	2,2 ton
Soilfeed	10 ton/ha	22,7	227,0 ton
Overig			
Inzaaien		3,0	

15 MULDERSKOP EN GROESBEEKSE BOS

15.1 LIGGING ONDERZOEKSLOCATIES

In voorliggend onderzoek is de bodemchemie gemeten op twintig locaties op Mulderskop en op een enkele plek in een heitje in het Groesbeekse bos (figuur 15.1).

Figuur 15.1. Ligging monsterpunten bodemchemie Mulderskop en Groesbeekse bos. De begrenzing van het kernleefgebied van de zadelsprinkhaan is weergegeven met een rode lijn.

15.2 Vegetatie en vegetatiestructuur

Grote delen van de heide op Mulderskop zijn vermost. Op verschillende plekken is de heide ijl en spichtig en valt deze uiteen in losse structuren. De heidepollen zijn vaak van eenzelfde leeftijd, maar bovenal ijl en vallen uiteen in losse structuren. Zadelsprinkhanen verlangen vollere en compactere heidepollen, waarin ze zich goed kunnen verschuilen, terwijl de warmte goed wordt vastgehouden. Mogelijk dat deze locaties minder optimaal begraasd worden door schapen, waardoor de heide niet goed compact gehouden wordt en de heide uiteenvalt.

15.3 Resultaten onderzoek bodemchemie

15.3.1 Mulderskop

De monsterpunten MUL1–7 en MUL13–16 op Mulderskop liggen in het kerngebied van de zadelsprinkhaan (figuur 15.2).
Op Mulderskop vormt ammonium het grootste knelpunt (tabel 15.1). Op vijf locaties na is de ammoniumconcentratie in de bodem matig tot sterk verhoogd met concentraties tot 2934 µmol/l bodem, terwijl locaties onder de 200 µmol/l gemeten zijn in kruidenrijke heiden.

Tabel 15.1. Bodemchemische parameters Rijk van Nijmegen – Mulderskop. Metingen in zoutextractie in µmol/l, basenverzadiging (BV) in procenten, cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie bodem (P-t) in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. DH: droge heide. Groen= binnen referentiewaarden kruidenrijke heide, geel = net buiten range kruidenrijke heide, rood = ver buiten range kruidenrijke heide. Locaties in blauw liggen binnen het actuele leefgebied van de zadelsprinkhaan.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
MUL1	DH	8,2	860	3,3	3,5	1737	2236	435	895	75	2,5	115	204	0,8	19,5	44,7	nee
MUL2	DH	9,5	518	3,4	3,1	1831	1865	611	542	143	2,8	241	89	1,0	16,3	43,5	nee
MUL3	DH	6,3	334	2,0	3,7	1113	863	615	459	88	0,6	57	629	1,2	19,4	28,2	ja
MUL4	DH	7,2	563	3,4	4,1	1068	1148	587	404	100	1,3	144	1896	0,9	15,0	30,7	ja
MUL5	DH	1,5	351	2,8	4,2	835	716	411	226	60	1,5	62	74	1,2	21,7	19,1	nee
MUL6	DH	2,6	163	3,5	4,3	567	72	238	38	17	0,2	43	43	7,9	58,3	8,1	nee
MUL7	DH	7,2	402	2,4	3,9	1355	442	300	275	40	0,8	42	965	3,1	16,0	28,0	ja
MUL8	DH	8,3	402	2,9	3,8	1495	1721	1760	1221	90	1,0	908	1447	0,9	26,1	34,7	ja
MUL9	DH	7,0	264	2,3	3,9	1698	648	774	424	13	1,2	14	707	2,6	16,7	26,5	ja
MUL10	DH	9,8	708	3,6	3,7	1553	1604	1757	1172	38	1,4	83	871	1,0	18,9	36,8	nee
MUL11	DH	5,9	387	2,3	4,0	992	848	1153	378	46	0,5	898	175	1,2	22,8	22,9	ja
MUL12	DH	7,4	285	2,4	3,7	1935	299	584	269	8	0,6	13	281	6,5	8,4	35,0	nee
MUL13	DH	9,8	516	3,9	3,5	1609	1796	326	619	54	0,8	51	325	0,9	16,9	40,3	nee
MUL14	DH	5,0	461	4,3	4,2	894	706	583	348	43	1,7	66	669	1,3	15,9	22,1	ja
MUL15	DH	3,9	365	4,6	4,2	931	295	329	118	34	0,3	139	298	3,1	72,4	15,8	nee
MUL16	DH	5,3	417	3,7	4,0	1886	89	192	94	5	0,6	16	5	21,2	5,6	23,2	nee
MUL17	DH	10,4	537	2,9	3,4	2003	1617	1025	1058	45	1,9	63	1325	1,2	15,4	42,0	ja
MUL18	DH	13,3	483	3,1	3,5	2010	1248	594	583	133	1,5	207	879	1,6	13,4	38,7	ja
MUL19	DH	8,1	836	4,7	3,8	1441	2293	340	667	77	1,6	201	501	0,6	25,8	34,1	nee
MUL20	DH	11,7	553	3,6	3,6	1506	2041	1267	1154	34	2,3	194	2934	0,7	21,5	45,8	ja

Daarnaast is de basenverzadiging te laag en valt de Ca-beschikbaarheid op de meeste locaties (ver) onder de range voor het voorkomen van kruiden in de heide. De Al/Ca-ratio daarentegen is over het algemeen voldoende laag (<2 mol/mol) en de bodem-pH voldoende hoog (>3,5). De beschikbare fosfaatconcentraties in de bodem zijn niet zeer hoog met concentraties onder de 700 µmol/l bodem Olsen-P. Op het afgegraven stuk bij locatie MUL6 is de Olsen-P concentratie in de bodem laag met 163 µmol/l bodem. Dergelijke lage P-concentraties zijn mogelijk ongunstig voor het voorkomen van de zadelsprinkhaan, met name als de stikstofconcentraties in de bodem relatief hoger zijn, wat op deze locatie (nog) niet het geval is.
Op locaties MUL3, 9, 11, 14 en 18 is een indicatie voor een scheve N/P-ratio in de vegetatie gevonden vanwege een te hoge stikstofrijkdom in de bodem. Op deze locaties zijn aanvullende maatregelen nodig om de stikstofconcentraties in de bodem te verlagen.

15.3.2 Groesbeekse bos

Uit de bodemchemische meting in het Groesbeekse bos blijkt dat de basenverzadiging in de bodem van de droge heide wat aan de lage kant is (<25%), evenals de bodem-pH van 3,4. De beschikbare calciumconcentratie in de bodem is hoog met 2700 µmol/l bodem en de Al/Ca-ratio is laag met 0,6 mol/mol. De ammoniumconcentratie is met 238 µmol/l bodem relatief laag en de P-rijkdom van de bodem is met 393 µmol/l bodem niet te hoog voor droge heide (tabel 15.2).

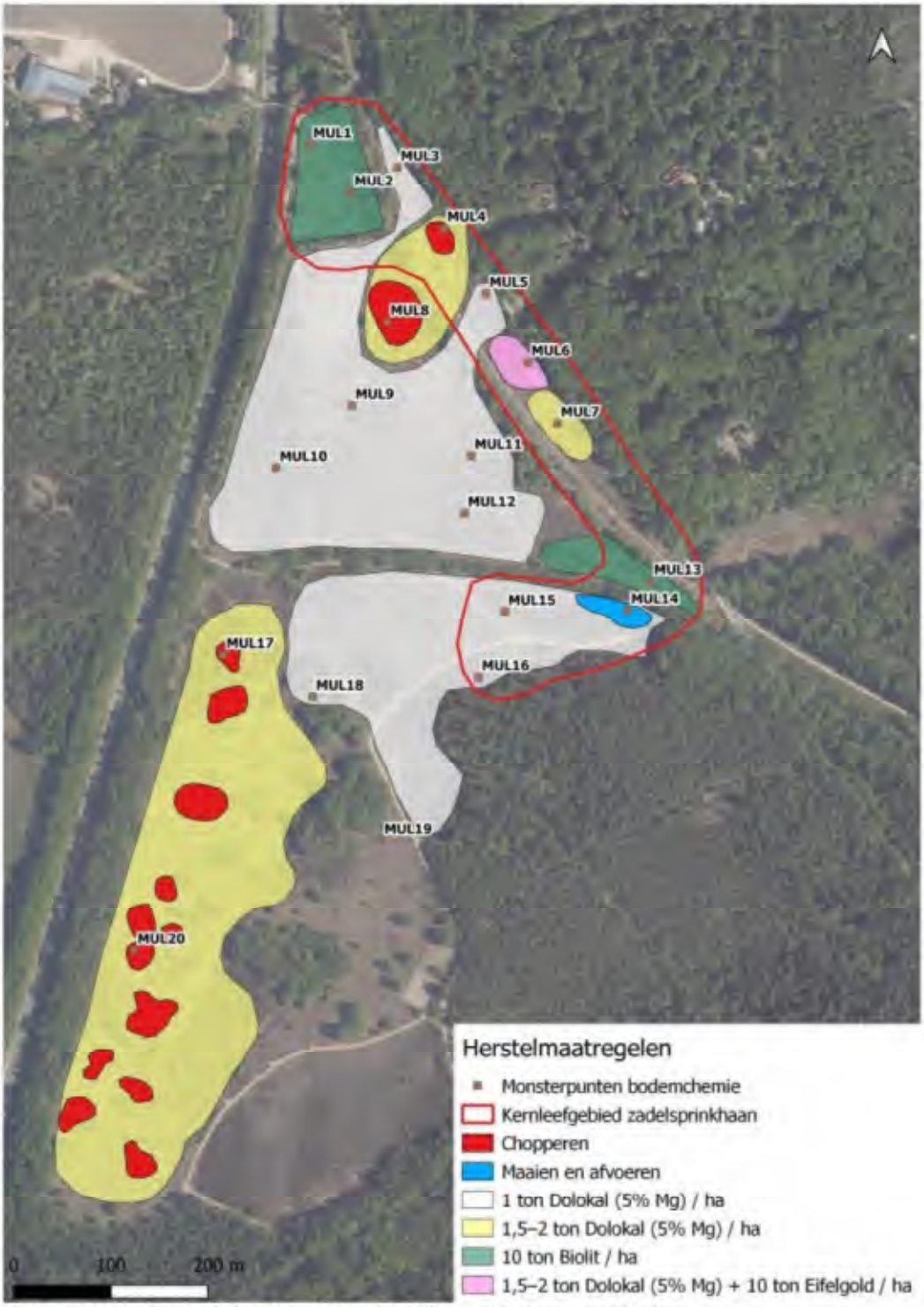
Tabel 15.2. Bodemchemische parameters Groesbeekse bos. Metingen in zoutextractie in µmol/l, basenverzadiging (BV) in procenten, cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie bodem (P-t) in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. DH: droge heide. Groen= binnen referentiewaarden kruidenrijke heide, geel = net buiten range kruidenrijke heide, rood = ver buiten range kruidenrijke heide.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
GB1	DH	10,9	393	2,4	3,4	1598	2700	271	631	51	1,9	95	238	0,6	17,9	31,3	nee

15.4 Maatregelen

15.4.1 Verbeteren vegetatiestructuur

Mulderskop
Pleksgewijs dienen open plekken in de heide te worden aangelegd middels het wegharken van de vermoste laag (figuur 15.2). Hierbij dient een laag humus te worden gespaard. Heide die door ouderdom en het gebrek aan schapenbegrazing uiteen is gevallen kan worden gemaaid. Heide die ouder is dan 15 jaar loopt echter niet meer op de stronk uit.
Vanwege de zeer hoge ammoniumconcentraties in de bodem op locaties MUL4, 8, 17 en 20 wordt geadviseerd hier delen van de vegetatie te chopperen (figuur 15.2).
Op locatie MUL14 wordt geadviseerd middels maaien en afvoeren de ammoniumconcentraties in de bodem te verlagen. Voorzichtigheid is hier geboden daar het hier gaat om een deel van het kernleefgebied van de zadelsprinkhaan (figuur 15.2).



Figuur 15.2. Geadviseerde herstelmaatregelen Rijk van Nijmegen – Mulderskop.

Figuur 15.3. Geadviseerde herstelmaatregelen Groesbeekse bos.

Groesbeekse bos

In het Groesbeekse bos wordt geadviseerd om op enkele plekken de vergraste zode open te schrapen, alvorens de bodemchemie te herstellen (figuur 15.3).

15.4.2 Herstel bodemchemie

Mulderskop

Op de onvoldoende gebufferde locaties MUL3, 5, 9–12, 14–16 en 18 wordt geadviseerd om voor snel herstel van de bodem te kiezen. Daarom wordt geadviseerd een gift van Dolokal (5% Mg) op te brengen (1 ton/ha) (figuur 15.2).

Op locaties MUL1, 2 en 13 wordt vanwege de reeds hoge Ca-beschikbaarheid een steenmeelgift van 10 ton/ha met een Ca-rijk steenmeel als Biolit geadviseerd.

Op de recent geplagde locaties MUL6 en 7 wordt geadviseerd om te bekalken met 1,5-2 ton dolokal om een ammoniumpiek na plaggen (verder) te voorkomen en de nitrificatie te stimuleren.

Vanwege de zeer hoge ammoniumconcentraties in de bodem op locaties MUL4, 8, 17 en 20 wordt geadviseerd om na chopperen een gift Dolokal van 1,5-2 ton/ha in te brengen.

Op locatie MUL8 en 19 is geen bufferherstel nodig.

Voor locatie MUL6 en omgeving wordt geadviseerd om naast bufferherstelmaatregelen ook een lichte fosfaatgift toe te dienen (5 mg P/m2) of een P-rijk steenmeel als Eifelgold (10 ton/ha).

Groesbeekse bos

In het Groesbeekse bos wordt vanwege de al hoge Ca-beschikbaarheid in de bodem geadviseerd te bekalken met 1 ton Dolokal / ha (figuur 15.3).

15.4.3 Inzaaien kruiden

Terugkeer van kruiden na herstel van de bodemchemie dient bespoedigd te worden door het inzaaien van de juiste plantensoorten of het opbrengen van heischraal maaisel. Idealiter worden soorten gekozen die passen bij het karakter van het gebied. Geadviseerd wordt om per locatie waar de bodemchemie is hersteld, enkele plekken verspreid in te zaaien. Het beste kan hiervoor gekozen worden voor plekken met een open en zandige bodem zonder strooisellaag. Omdat de geschikte plekken in het veld geselecteerd dienen te worden zijn de locaties niet nader op kaart aangegeven. In totaal zal het gaan om ongeveer 2 ha in te zaaien bodem, inclusief Groesbeeks bos (tabel 15.3). Zaaigoed of maaisel dienen te worden verkregen door lokaal te verzamelen of te kweken. Het inbrengen van kruiden is tot enkele jaren na behandeling met Dolokal en/of Soilfeed mogelijk.

15.4.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer

Mulderskop

Geadviseerd wordt de staat van de heide te optimaliseren middels begrazing met een gescheperde schaapskudde en te werken met een goed geïnstrueerde herder. Door gestuurde begrazing met schapen blijven heidestruiken vol, compact en structuurrijk genoeg voor zadelsprinkhaan. Daarnaast kan vergrassing en het dichtgroeien met opslag worden gestuurd/voorkomen. Uitblijven van begrazing door schapen leidt uiteindelijk tot uiteenvallen van de heidestruiken waarbij de benodigde dichte en volle structuur verdwijnt. Dergelijke vegetaties worden bij voorkeur gemaaid zodat ze kunnen verjongen om daarna wat intensiever middels een gescheperde kudde te worden beheerd.

Op locaties MUL3, 9, 11, 14 en 18 is een indicatie voor een scheve N/P-ratio in de vegetatie gevonden vanwege een te hoge stikstofrijkdom in de bodem. Middels drukbegrazing na bekalking dienen op deze locaties de stikstofconcentraties in de bodem verlaagd te worden.
Na chopperen en bekalking van locaties MUL4, 8, 17 en 20 wordt geadviseerd om met drukbegrazing de dominantie van grassen te onderdrukken.
Voor locaties met matig verhoogde ammoniumconcentraties in de bodem (MUL9, 10, 18 en 19) wordt geadviseerd om met drukbegrazing of maaien en afvoeren (MUL14) vergrassing te voorkomen en de ammoniumconcentraties in de bodem te verlagen.

Groesbeekse bos

De beschreven locatie in het Groesbeekse Bos dient opgenomen te worden in de gescheperde begrazing zoals hierboven vermeld onder Mulderskop. Indien vergrassing een probleem dreigt te worden dient deze middels drukbegrazing te worden aangepakt.
Na optimalisatie van het leefgebied wordt geadviseerd de populatie zadelsprinkhanen uit te breiden door dieren bij te zetten uit Mulderskop zelf.

15.4.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Mulderskop

De voorgestelde maatregelen zijn weergegeven in figuur 15.2. en 15.3 Een overzicht van de maatregelen en de benodigde materialen is weergegeven in tabel 15.3. Het oppervlak te behandelen gebied bedraagt in totaal 25,1 ha.

Tabel 15.3. Overzicht voorgestelde maatregelen Mulderskop en Groesbeekse bos (zie ook figuur 15.2 en 15.3).

Maatregel	Dosering	Opp (ha)	Hoeveelheid
Verbeteren vegetatiestructuur			
Chopperen		1,9	
Maaien en afvoeren		0,1	
Herstel bodemchemie			
Dolokal (5% Mg)	1 ton/ha	13,3	13,3 ton
	1,5–2 ton/ha	10,3	17,5 ton
Eifelgold	10 ton/ha	0,2	2,2 ton
Biolit	10 ton/ha	1,5	15,0 ton
Overig			
Inzaaien		2,2	

15.4.6 Verschillen met adviezen van B-WARE

Alle adviezen van B-WARE zijn overgenomen.

16 HEUMENSOORD

16.1 LIGGING ONDERZOEKSLOCATIES

In voorliggend onderzoek is de bodemchemie gemeten op drie locaties op de noordelijke heide van het Heumensoord en op het zweefvliegterrein in het zuiden van het gebied (figuur 16.1).

Figuur 16.1. Ligging monsterpunten bodemchemie Heumensoord (noordelijke heide en zweefvliegveld). In het gebied komen geen zadelsprinkhanen meer voor.

16.2 Vegetatie en vegetatiestructuur

De heidevegetaties in het noorden van Heumensoord en langs de randen van het zweefvliegveld zijn grotendeels arm aan structuur en groeien op een vrijwel volledig vermoste bodem. De heidepollen zijn vaak van eenzelfde leeftijd, maar bovenal ijl en vallen uiteen in losse structuren. Zadelsprinkhanen verlangen vollere en compactere heidepollen, waarin ze zich goed kunnen verschuilen, terwijl de warmte goed wordt vastgehouden. Mogelijk dat deze locaties minder optimaal begraasd worden door schapen, waardoor de heide niet goed compact gehouden wordt en de heide uiteenvalt.

16.3 Resultaten onderzoek bodemchemie

16.3.1 Noordelijke heide

Op locatie HO1 en 2 in het Heumensoord is als belangrijkste knelpunt de lage Ca-beschikbaarheid en basenverzadiging geconstateerd. De Al/Ca-ratio in de bodem is er te hoog op deze twee locaties met 2,4-3,3 mol/mol (tabel 16.1).

Tabel 16.1. Bodemchemische parameters Heumensoord. Metingen in zoutextractie in µmol/l, basenverzadiging (BV) in procenten, cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie bodem (P-t) in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. DH: droge heide. Groen= binnen referentiewaarden kruidenrijke heide, geel = net buiten range kruidenrijke heide, rood = ver buiten range kruidenrijke heide.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
HO1	DH	9,5	790	4,8	3,5	2772	845	383	479	67	2,6	117	251	3,3	8,1	37,8	nee
HO2	DH	9,3	732	5,7	3,8	1990	816	551	490	69	1,8	20	216	2,4	8,9	34,5	nee
HO3	DH	11,4	1537	5,9	3,7	1140	3481	662	1016	203	6,2	675	288	0,3	27,6	43,0	nee

De bodem-pH valt binnen de ranges voor kruidenrijke heide. Op locatie HO3, met een vegetatie gedomineerd door Pijpenstro, was de Ca-beschikbaarheid in de bodem hoog, de Al/Ca-ratio laag en de basenverzadiging voldoende hoog voor het voorkomen van kruiden in de heide.
Ammonium is in alle drie de bodems wat aan de hoge kant voor kruidenrijke heide, maar vormt geen (groot) knelpunt. De P-beschikbaarheid is wat hoger in locatie HO1 en 2 met 732 en 790 µmol/l bodem. Op locatie HO3 is een sterk verhoogde P-concentratie in de bodem gemeten van 1537 µmol/l bodem, wat de dominantie van Pijpenstrootje kan verklaren.

16.3.2 Zweefvliegveld

Op het zweefvliegterrein vormt met name de lage basenverzadiging en/of te lage Ca-beschikbaarheid een knelpunt voor het voorkomen van kruiden in de heide (tabel 16.2). De Al/Ca-ratio is op ZVT2 en 3 laag en op ZVT1 licht verhoogd met 2,3 mol/mol. De bodem-pH varieert van 3,7-4,1 en is daarmee hoog genoeg voor kruidenrijke heides. In dit terrein is alleen op locatie ZVT1 een licht verhoogde ammoniumconcentratie gemeten van 335 µmol/l bodem. Daarmee vormt ammonium in dit terrein geen knelpunt. Ook is op deze locatie een flink hogere P-beschikbaarheid gemeten dan in de andere twee locaties, namelijk 1059 µmol/l tegen 436-446 µmol/l bodem in ZVT2 en 3.

Tabel 16.2. Bodemchemische parameters Zweefvliegveld. Metingen in zoutextractie in µmol/l, basenverzadiging (BV) in procenten, cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie bodem (P-t) in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. HS: heischraal. Groen= binnen referentiewaarden kruidenrijke heide, geel = net buiten range kruidenrijke heide, rood = ver buiten range kruidenrijke heide.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
ZVT1	HS	8,6	1059	4,4	3,7	2403	1029	469	621	15	1,8	95	335	2,3	10,7	30,3	nee
ZVT2	HS	6,4	434	3,9	4,1	1062	346	721	521	86	1,1	14	150	1,1	23,7	21,7	nee
ZVT3	HS	8,2	446	4,1	3,9	1901	1653	758	821	71	1,3	15	65	1,2	17,1	30,4	nee

16.4 Maatregelen

16.4.1 Verbeteren vegetatiestructuur

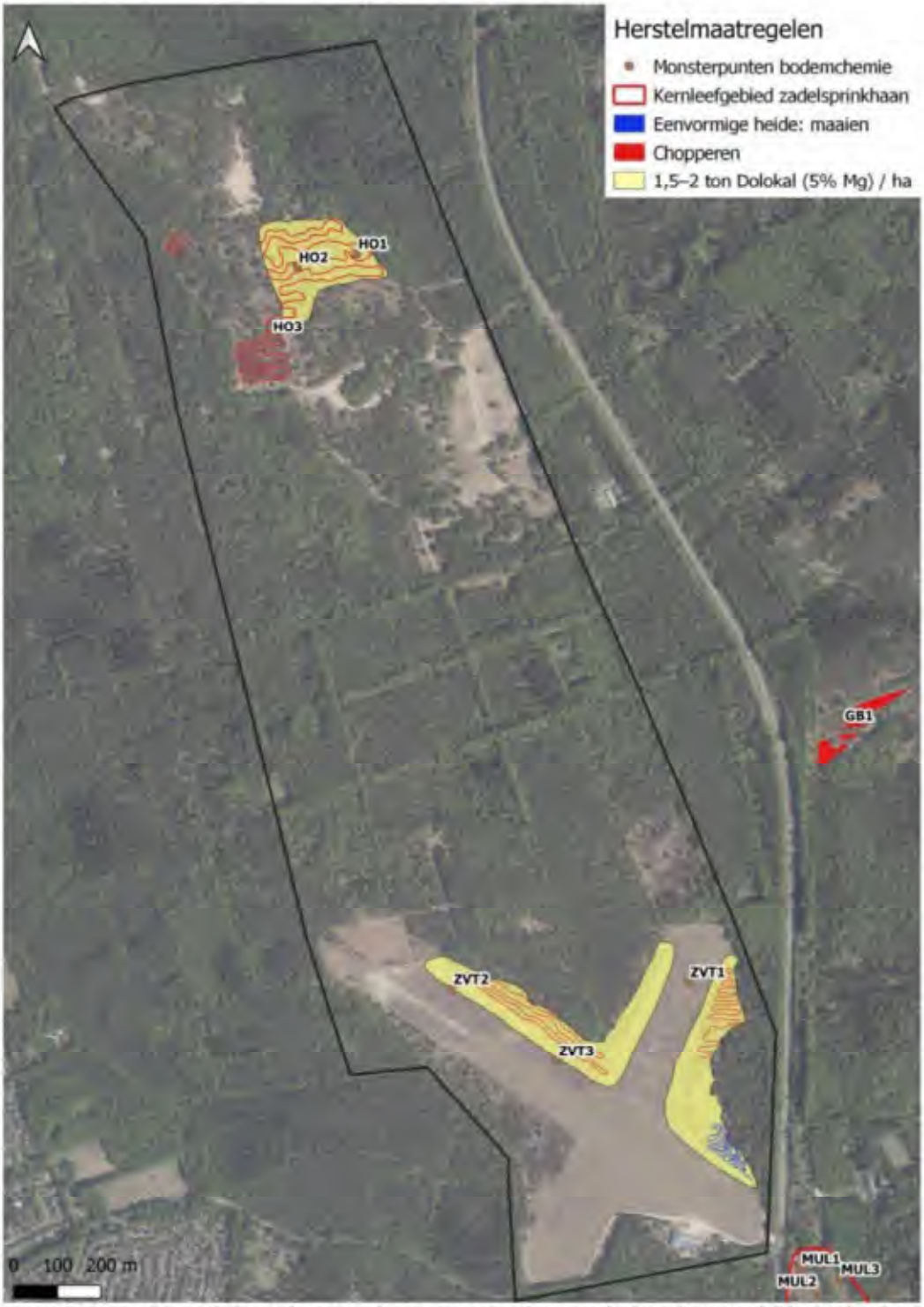
Door middel van chopperen wordt een deel van de heide en de vermossing teruggezet. Hierbij dient een laag humus te worden gespaard. Maatregelen zijn weergegeven in figuur 16.2. Er wordt voorgesteld om banen in de heide te chopperen van ongeveer 2–3 meter breed. Bij voorkeur liggen de banen in een oost-west-richting, zodat de randstructuren optimaal op het zuiden geëxponeerd zijn en profiteren van zoninstraling.
Voor een klein deel van de heidevegetatie op het zweefvliegveld wordt geadviseerd te maaien. Op deze locatie is geen sprake van vermossing en dus is chopperen er niet nodig (figuur 16.2). Indien de heidestruiken jonger zijn dan ongeveer 15 jaar lopen deze na een maaibeurt vanzelf weer uit.

16.4.2 Herstel bodemchemie

Voor twee locaties in het noordelijke deel van Heumensoord en een deel van het zweefvliegveld wordt geadviseerd de basenverzadiging en/of Ca-beschikbaarheid in de bodem te verhogen. Voor HO1 en 2 wordt geadviseerd om een gift van 1,5-2 ton Dolokal + 10 ton Soilfeed per ha te geven. Op locatie HO3 is bufferherstel niet nodig.

16.4.3 Inzaaien kruiden

Terugkeer van kruiden na herstel van de bodemchemie dient bespoedigd te worden door het inzaaien van de juiste plantensoorten of het opbrengen van heischraal maaisel. Idealiter worden soorten gekozen die passen bij het karakter van het gebied.
Geadviseerd wordt om per locatie waar de bodemchemie is hersteld, enkele plekken verspreid in te zaaien. Het beste kan hiervoor gekozen worden voor plekken met een open en zandige bodem zonder strooisellaag. Omdat de geschikte plekken in het veld geselecteerd dienen te worden zijn de locaties niet nader op kaart aangegeven. In totaal zal het gaan om ongeveer 3 ha in te zaaien bodem (tabel 16.3).
Mogelijkerwijs kan de korte grasvegetatie op het zweefvliegveld zelf dienen als bron voor heischraal maaisel. Daarvoor dient dan wel het huidige maairegime enigszins te worden aangepast om een voldoende oppervlak aan bloeiende kruiden te realiseren.



Figuur 16.2. Geadviseerde herstelmaatregelen Heumensoord. In een deel van het noordelijke heidegebied en langs de randen van het zweefvliegveld dient de bodemchemie hersteld te worden. Oude, ijle en structuurarme heide en vermossing dient aangepakt te worden middels chopperen.

16.4.4 Adviezen ten aanzien van vervolgbeheer

Heumensoord inclusief het zweefvliegveld dient opgenomen te worden in de gescheperde begrazing zoals hierboven vermeld onder Mulderskop. Locaties met een verhoogde

ammoniumconcentratie zoals waar problemen met vergrassing worden verwacht, zoals HO3, dienen gestuurd te worden aangepakt.
Na optimalisatie van het leefgebied wordt geadviseerd de populatie zadelsprinkhanen uit te breiden door dieren bij te zetten uit Mulderskop zelf.

16.4.5 Samenvattend overzicht herstelmaatregelen Heumensoord

De voorgestelde maatregelen zijn weergegeven in figuur 16.2. Een overzicht van de benodigde materialen is weergegeven tabel 16.3.

Tabel 16.3. Overzicht voorgestelde maatregelen Heumensoord (zie ook figuur 16.2).

Maatregel	Dosering	Opp (ha)	Hoeveelheid
Verbeteren vegetatiestructuur			
Chopperen		1,4	
Maaien		0,2	
Herstel bodemchemie			
Dolokal (5% Mg)	1,5–2 ton/ha	13,7	23,3 ton
Overig			
Inzaaien		3,0	

16.4.6 Verschillen met adviezen van B-WARE

Alle adviezen van B-WARE zijn overgenomen.

17 SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Inleiding

Voor de zadelsprinkhaan is het van belang dat er voldoende voedsel aanwezig is en van voldoende kwaliteit, in de vorm van kruiden en struikhei. Daarnaast is het van belang dat de vegetatiestructuur geschikt is.

In voorliggend onderzoek zijn daarom de volgende twee onderdelen onderzocht in de actuele Nederlandse leefgebieden van de soort:

1. een onderzoek met de focus op de relatie tussen bodemchemische condities van (potentiële) leefgebied en het voorkomen van kruiden.
2. een onderzoek naar de bovengrondse onderdelen van de habitat van de zadelsprinkhaan (rijke structuur heidevegetatie, aanwezigheid van kale bodem).

Bodemchemie

In voorliggend rapport worden de resultaten van het bodemchemisch onderzoek gekoppeld aan het onderzoek naar vegetatie en vegetatiestructuur. Op deze manier is het mogelijk om tot een volledig pakket van mogelijkheden en maatregelen te komen voor uitbreiding en behoud van de zadelsprinkhaan in de Provincie Gelderland.

Uit het bodemonderzoek is gebleken dat in de bemonsterde locaties sprake is van bodemverzuring. Er is in veel gevallen sprake van een lage basenverzadiging, lage calciumbeschikbaarheid, hoge aluminiumbeschikbaarheid en een te hoge Al/Ca-ratio, naast lokaal te hoge ammoniumconcentraties.

Uit de bodemanalyses en de actuele verspreiding van de zadelsprinkhaan blijkt vaak dat de ligging van de populatiekernen beperkt is tot locaties waar de bodemchemie in orde is en geen aanvullende maatregelen worden geadviseerd. Dit geldt bijvoorbeeld heel duidelijk op de Oldebroekse Heide en Harskamp.

Maatregelen

Het voorliggende onderzoek naar de bodemchemie en bovengrondse onderdelen van de habitat van de zadelsprinkhaan, zoals een kale bodem, een rijke vegetatiestructuur en de aanwezigheid kruiden in (voormalige) leefgebieden levert heldere acties op voor het herstel daarvan.

Voor de terugkeer van kruiden in droge heide en daarmee een belangrijke voedselbron voor de zadelsprinkhaan, is uitvoering van de volgende actiepunten van belang in de onderzochte heidegebieden:

1. Zorgen voor voldoende open bodem door:
    a. terreindelen te chopperen, of
    b. terreindelen handmatig open te harken en mos af te voeren.
2. De bodemchemie te herstellen middels behandeling met Dolokal en vaak ook met een steenmeel-type, meestal Soilfeed.
3. De open terreindelen in te zaaien met een mengsel van heischrale kruiden (1 kg zaad / ha) of maaisel op te brengen.

Na elke behandeling wordt geadviseerd de terugkeer van kruiden te stimuleren door inzaaien of uitstrooien van maaisel. Er zijn echter onduidelijkheden over de beschikbaarheid van maaisel en geschikte zaden van heischrale vegetaties en soorten. Dit dient in afstemming met onder meer terreinbeheerders nader te worden uitgezocht.

Nader onderzoek voedselkwaliteit

Er zijn signalen dat er op verschillende locaties sprake kan zijn van een ongunstige P-balans, resulterend in een te hoge N/P-ratio in struikhei (een belangrijke voedselplant van de zadelsprinkhaan) en een verlies van kruidachtigen uit de heide.

In deze studie kon gelet op de monsterperiode plantmateriaal van struikhei worden gemeten, waardoor over de voedselkwaliteit geen duidelijke uitspraken gedaan kunnen worden.

Geadviseerd wordt dan ook om de daadwerkelijke voedselkwaliteit in de leefgebieden nader te onderzoeken door binnen een gebied te bepalen of de samenstelling (mineralen, elementen) van struikhei op plekken waar zadelsprinkhaan voorkomt verschilt van locaties waar de soort ontbreekt. De vraag is dan of het hem dan voornamelijk zit in de N/P-ratio, of ook in Ca, K, Mg of Mn gehaltes in de planten en de verhouding daarvan tot N. Op deze manier kan indien nodig de voedselkwaliteit verbeterd worden. Als blijkt dat vooral de N/P ratio sturend is, kan er bij een erg scheve ratio geadviseerd worden om P bij te geven (kleinschalig).

18 BRONNEN

Bakker, W.H., J.H. Bouwman, F. Brekelmans, E.C. Colijn, R. Felix, M.A.J. Grutters, W. Kerkhof & R.M.J.C. Kleukers 2015. De Nederlandse sprinkhanen en krekels (Orthoptera). Entomologische Tabellen 8. Nederlandse Entomologische Vereniging, Museum Naturalis en eis Kenniscentrum Insecten en andere ongewervelden, Leiden.

Bobbink, R. & van der Zee, F. F. 2018. Actieplan tot redding van droge heischrale graslanden. B-WARE Research Centre.

Bobbink, R., A. van den Burg, E. Brouwer, B. van de Riet & H. Siepel 2018. Langetermijneffecten van bosbekalking en – bemesting: de Harderwijkerproef. Monitoring OBN-17-DZ. VBNE, Driebergen.

de Vries, W., M. Weijters, A. de Jong, B. van Delft, J. Bloem, A. van den Burg, G. van Duinen, E. Verbaarschot & R. Bobbink 2019. Verzuring van loofbossen op droge zandgronden en herstelmogelijkheden door steenmeeltoediening. VBNE, Driebergen.

Felix, R., J. Bouwman, A. Braam, D. Drukker, N. Gilissen, P. Hoppenbrouwers, R. Kleukers, R. Krekels & T. Termaat 2019. De zadelsprinkhaan *Ephippiger diurnus* in Gelderland. Beheer- en herstelplan 2018. Natuurbalans - Limes Divergens BV, Nijmegen.

Gilissen, N. 2016. Status van de zadelsprinkhaan op defensieterreinen. Rapport N000-16/011. Rijksvastgoedbedrijf, Wageningen.

Krekels, R., J. van Leeuwen, R. Felix & P. Hoppenbrouwers 2019. Zadelsprinkhaan in Gelderland. Voorbereiding habitatherstel: Onderzoek en kweek 2019. Natuurbalans - Limes Divergens BV, Nijmegen.

Reemer, M. 2012. Basisrapport Rode lijst sprinkhanen en krekels. EIS-Nederland, Leiden.

Reemer, M. & P.H. van Hoof 2005. Beschermingsplan zadelsprinkhaan en kleine wrattenbijter in Gelderland. EIS-Nederland, Leiden & Bureau Natuurbalans - Limes Divergens BV, Nijmegen.

Siepel, H., J. Vogels, R. Bobbink, R. Bijlsma, E. Jongejans, R. de Waal & M. Weijter 2018. Continuous and cumulative acidification and N deposition induce P limitation of the microarthropod soil fauna of mineral-poor dry heathlands. Soil Biology and Biochemistry 119: 128–134.

Siepel, H., R. Bobbink, B.P. van de Riet, A. van den Burg & E. Jongejans 2019. Long-term effects of liming on soil physico-chemical properties and micro-arthropod communities in Scotch pine forest. Biology and Feritility of Soils 55: 675–683.

van Diggelen, R., H. Bergsma, R.J. Bijlsma, R. Bobbink, A. van den Burg, J. Sevink, J. & M. Weijters 2019. Steenmeel en natuurherstel: een gelukkige relatie of een risicovolle combinatie? Vakblad Natuur Bos Landschap 155: 20–23.

Verbaarschot, E., M. Weijters, B. van de Riet, J. Vogels, H. Bergsma, E. Brouwer & R. Bobbink 2020. Effecten van steenmeeltoediening na 5 jaar op de Strabrechtse heide. Onderzoekcentrum B-WARE B.V., Nijmegen. RP-17.110.20.17.

Vogels, J.J., R. Bobbink, M. Weijters & H. Bergsma 2016. Het droge heidelandschap in de 21e eeuw: aandacht voor mineralogie en historisch landgebruik. De Levende Natuur 117: 245–250.

Vogels, J.J., W.C.E.P. Verberk, L.P.M. Lamers &, H. Siepel 2017. Can changes in soil biochemistry and plant stoichiometry explain loss of animal diversity of heathlands? Biological Conservacion 212: 432–447.

Vogels, J., M. Weijters, H. Bergsma, R. Bobbink, H. Siepel, J. Smits & L. Krul 2018. Van bodemherstel naar herstel van fauna in een verzuurd heidelandschap. De Levende Natuur 119: 200–204.

Vogels, J.J., E. Bohnen-Verbaarschot, R. Loeb, M. Weijters, R. Bobbink, M.C. Scherpenisse, P.J.M. Verbeek & V. de Jong 2020. Monitoring steenmeeltoepassing ten behoeve van herstel biodiversiteit in het Nationale Park de Hoge Veluwe. Eindrapport monitoring 2015-2019. Rapport Stichting Bargerveen, i.o.v Stichting Het Nationale Park de Hoge Veluwe & Provincie Gelderland, Nijmegen.

Wallis de Vries, M., K. Huskens, J.J. Vogels, R. Versluijs, R. Loeb, E. Brouwer & R. Bobbink 2018. Alternatieven voor plaggen van natte heide - Effecten op middellange termijn. VBNE, Driebergen.

Weijters, M., Smits, L.J.P.M., Verbaarschot, E., & Bobbink, R. 2020. Bodemchemisch onderzoek in (potentiële) leefgebieden van de Zadelsprinkhaan in de provincie Gelderland. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen. Rapportnummer 19.172.20.102

Weijters, M., R. Bobbink, E. Bohnen-Verbaarschot, B. van de Riet, J. Vogels, H. Bergsma & H. Siepel 2018. Herstel van heide door middel van slow release mineralengift. Resultaten van 3 jaar steenmeelonderzoek., VBNE, Driebergen, 216 pag.

Weijters, M.J., A.U. van der Bij, J.A. Harris, M. Pawlett, W.-J. Emsens, J. Frouz, P. Benetkova, E. Verbruggen, D. Radujkovic, E. Verbaarschot, R. van Klink, R. Vermeulen, R. van Diggelen en R. Bobbink 2019. Praktijkproef heideontwikkeling op voormalige landbouwgrond in het Noordenveld (Dwingelderveld). VBNE, Driebergen.

Willemse, C. 1917. Orthoptera Neerlandica. De rechtvleugelige insecten van Nederland en het aangrenzend gebied. Tijdschrift voor Entomologie. 60: 1–176.

BIJLAGE 1 BODEMCHEMISCH ONDERZOEK B-WARE

RESEARCH CENTRE

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

Bodemchemisch onderzoek in (potentiële) leefgebieden van de Zadelsprinkhaan in de provincie Gelderland

Eindrapportage

Opdrachtgever: Provincie Gelderland en Rijksvastgoedbedrijf • Auteurs: 5.1.2e, 5.1.2e 5.1.2e 5.1.2e & 5.1.2e
• Projectnummer: 19.172 •
Rapportnummer: RP-19.172.20.102 • Datum: 10 december 2020

Bodemchemisch onderzoek in (potentiële) leefgebieden van de Zadelsprinkhaan in de provincie Gelderland

5.1.2e (Onderzoekcentrum B-WARE)
5.1.2e (Onderzoekcentrum B-WARE)
5.1.2e (Onderzoekcentrum B-WARE)
5.1.2e (Onderzoekcentrum B-WARE)

Rijksvastgoedbedrijf
Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties

ONDERZOEKCENTRUM B ware

provincie Gelderland

Niets uit dit rapport mag worden gereproduceerd, opnieuw vastgelegd, vermenigvuldigd of uitgegeven door middel van druk, fotokopie, microfilm, langs elektronische of elektromagnetische weg of op welke andere wijze dan ook zonder schriftelijke toestemming van de auteurs en de opdrachtgever. Het is voor de opdrachtgever wel toegestaan de inhoud van deze rapportage met bronvermelding, te gebruiken voor andere publicaties.

Foto voorkant: Schaapskudde op de Ermelosche Heide (5.1.2e 10-04-2020).

Citeren als: 5.1.2e 5.1.2e, 5.1.2e & 5.1.2e *(2020). Bodemchemisch onderzoek in (potentiële) leefgebieden van de Zadelsprinkhaan in de provincie Gelderland. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen. Rapportnummer 19.172.20.102*

Opdrachtgever: Provincie Gelderland en Rijksvastgoedbedrijf

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:
5.1.2e
Tel: 5.1.2e
5.1.2e @b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2020

Inhoudsopgave

1. Inleiding 1
   1.1 Aanleiding en achtergrond 1
   1.2 Onderzochte terreinen 2
   1.3 Referentiewaarden abiotiek kruidenrijke heidegemeenschappen 3
   1.4 Leeswijzer 5
2. Materiaal en methode 7
   2.1 Monstername en analyses 7
3. Relatie zadelsprinkhaan en bodemchemie 9
   3.1 Bodemchemie en het voorkomen van zadelsprinkhanen 9
   3.2 Vergelijking met kruidenrijke heides 12
   3.3 Conclusies 17
   3.4 Herstelmaatregelen 17
4. Oldenbroekse Heide 21
   4.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties 21
   4.2 Vegetatiebeschrijving 22
   4.3 Resultaten en advies 25
5. Doornspijkse Heide 29
   5.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties 29
   5.2 Vegetatiebeschrijving 30
   5.3 Resultaten en advies 34
6. Groevenbeekse Heide 39
   6.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties 39
   6.2 Vegetatiebeschrijving 39
   6.3 Resulaten en advies 40
7. Ermelosche Heide 43
   7.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties 43
   7.2 Vegetatiebeschrijving 43
   7.3 Resultaten en advies 45
8. Harskamp 47
   8.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties 47
   8.2 Vegetatiebeschrijving 48
   8.3 Resultaten en advies 50
9. de Zanding 55
   9.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties 55
   9.2 Vegetatiebeschrijving 55
   9.3 Resultaten en advies 58
10. Nationaal Park de Hoge Veluwe 61
   10.1 Inleiding Nationaal Park de Hoge Veluwe 61

10.2 Oostelijke locaties 61
10.3 Westelijke locaties 66
11. Planken Wambuis 69
11.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties 69
11.2 Vegetatiebeschrijving 69
11.3 Resultaten en advies 72
12. Ginkelse Heide 75
12.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties 75
12.2 Vegetatiebeschrijving 76
12.3 Resultaten en advies 78
13. Veluwezoom 81
13.1 Gebiedsomschrijving en omschrijving boorlocaties 81
12.4 Vegetatiebeschrijving 82
12.5 Resultaten en advies 84
14. Rijk van Nijmegen 89
14.1 Inleiding Rijk van Nijmegen 89
14.2 Mulderskop 89
14.3 Zweefvliegterrein 96
14.4 Groesbeekse bos 99
14.5 Heumensoord 101
15. Synthese en concluderende opmerkingen 105
16. Literatuur 107
Bijlagen 111

1. Inleiding

1.1 Aanleiding en achtergrond

Nederland kent 47 inheemse sprinkhaansoorten waarvan er momenteel vier ernstig bedreigd zijn (Naturalis Biodiversity Center, 2018; Reemer, 2012). Eén van die ernstig bedreigde sprinkhaansoorten is de zadelsprinkhaan (*Ephippiger diurnus;* Figuur 1.1). Als soort staat de Zadelsprinkhaan al enige tijd op de rode lijst (Odé, 1999; Reemer, 2012) en wordt sinds kort zelfs met uitsterven bedreigd (Krekels et al., 2019). Momenteel zijn er in Nederland nog zes gebieden met een populatie Zadelsprinkhanen, slechts 37% van populaties ten opzichte van de periode 1980-2003. Vijf van deze zes gebieden liggen in de provincie Gelderland.

Figuur 1.1. Foto van de zadelsprinkhaan (Krekels et al., 2019).

In 2018 is door het Natuurbalans-Limes Divergens BV (hierna Natuurbalans genoemd) een uitgebreide studie gedaan naar de Zadelsprinkhaan in de provincie Gelderland, resulterend in een beheer- en herstelplan (Felix *et al.*, 2019). Uit dit onderzoek kwamen drie oorzaken voor het verdwijnen van zadelsprinkhaan en andere typische heidefauna uit de Nederlandse heidegebieden naar voren. Deze oorzaken waren alle het gevolg van verzuring en eutrofiering door depositie en ophoping van N-verbindingen, in combinatie met verkeerd natuurbeheer of het uitblijven van beheer. De drie genoemde oorzaken zijn:

1. Achteruitgang van de voedselkwaliteit van Struikhei (*Calluna vulgaris*) en verlies van kruidachtigen in het heidelandschap door veranderingen in de bodemchemie;
2. Verdwijnen van geschikte plekken voor ei-afzet en -ontwikkeling door vermossing van de bodem;
3. Afname van een open en diverse vegetatiestructuur door vergrassing en verbossing.

Vervolgens is door Natuurbalans een projectplan opgesteld met daarin concrete werkzaamheden die uitgevoerd kunnen worden om het leefgebied van de Zadelsprinkhaan in de Provincie Gelderland te behouden, te verbeteren of te herstellen (Krekels *et al.*, 2019). Eén van de onderdelen hiervan is een bodemchemisch onderzoek op mogelijk kansrijke locaties voor het leefgebied van de

zadelsprinkhaan. Doel van het bodemchemische onderzoek is om te inventariseren welke bodemchemische knelpunten voorkomen waardoor er bijna geen kruiden meer in de vegetatie aanwezig zijn vergeleken met 20-30 jaar geleden. Kruidenrijke droge heide en heischraal grasland zorgen immers voor de voor de Zadelsprinkhaan vereiste kruiden. Vervolgens worden concrete herstelmaatregelen voorgesteld om de vestiging van kruiden in de heide te verbeteren. Deze informatie wordt gebruikt voor het overkoepelende herstelplan gericht op de zadelsprinkhaan, waar bijvoorbeeld ook voedsel-experimenten, het opkweken van sprinkhanen en eventuele herintroductie of populatieversterking deel van uit maken.

De Provincie Gelderland heeft Onderzoekcentrum B-WARE BV (verder B-WARE) gevraagd dit bodemchemische onderzoek uit te voeren, waarbij B-WARE in nauw overleg met Natuurbalans te werk is gegaan. Ook het Rijksvastgoedbedrijf, vertegenwoordigd door 5.1.2e, is betrokken bij dit projectonderdeel. Rijksvastgoedbebedrijf heeft budget vrijgemaakt om aanvullende metingen te laten uitvoeren in de defensieterreinen, die gebruikt kunnen worden voor de koppeling en interpretatie van de lopende voedsel-onderzoeken uitgevoerd door Stichting Bargerveen. De gegevens van alle bodembemonsteringen en analyses zijn opgenomen in deze rapportage.

Met de verzamelde gegevens werd een analyse gemaakt van de mogelijke verschillen in bodemchemie tussen locaties waar de zadelsprinkhaan nog voorkomt en locaties waar de zadelsprinkhaan is verdwenen. Op basis van deze analyse wordt vervolgens voor de bemonsterde locaties aangegeven welke bodemchemische verschillen werden gevonden, en welke mogelijke herstelmaatregelen genomen kunnen worden om de bodemchemie van de locatie te verbeteren. Daarnaast werden de gegevens vergeleken met referentiegegevens uit kruidenrijke heides (GRIP-database van Onderzoekcentrum B-WARE), en zullen eventuele knelpunten voor ontwikkeling/behoud van soortenrijke droge heide benoemd worden. Ook hier worden vervolgens, indien mogelijk, concrete herstelmaatregelen gegeven. Op deze manier kan dit bodemchemische onderzoek niet alleen worden gebruikt voor herstel van de zadelsprinkhaan, maar ook bijdragen aan het verbeteren van de kwaliteit van het heide-habitat in de provincie Gelderland.

1.2 Onderzochte terreinen

Op basis van het projectplan (Krekels et al., 2020) van Natuurbalans, werden in overleg met terreineigenaren, Natuurbalans en de provincie Gelderland de volgende terreinen geselecteerd voor bodemchemisch onderzoek:

1. **Oldebroekse Heide**
2. **Doornspijkse Heide**
3. Groevenbeekse Heide
4. Ermelosche Heide
5. **Harskamp**
6. **de Zanding**
7. Nationaal Park de Hoge Veluwe (NPHV)
8. Planken Wambuis
9. Ginkelse Heide
10. **Nationaal Park Veluwezoom**
11. Rijk van Nijmegen (**Mulderskop,** het Zweefvliegterrein, Groesbeekse Bos en Heumensoord)

In de dikgedrukte locaties komen momenteel nog Zadelsprinkhanen voor, waarbij de populatie in Oldebroek in goede conditie is en die in Mulderskop een lichte positieve trend laat zien. Op de overige dikgedrukte locaties gaan de populaties echter (licht) achteruit. Op de niet-dikgedrukte locaties kwamen in het verleden Zadelsprinkhanen voor, maar zijn deze (recent) uit het terrein verdwenen (Felix *et al.*, 2019).

60246 0035

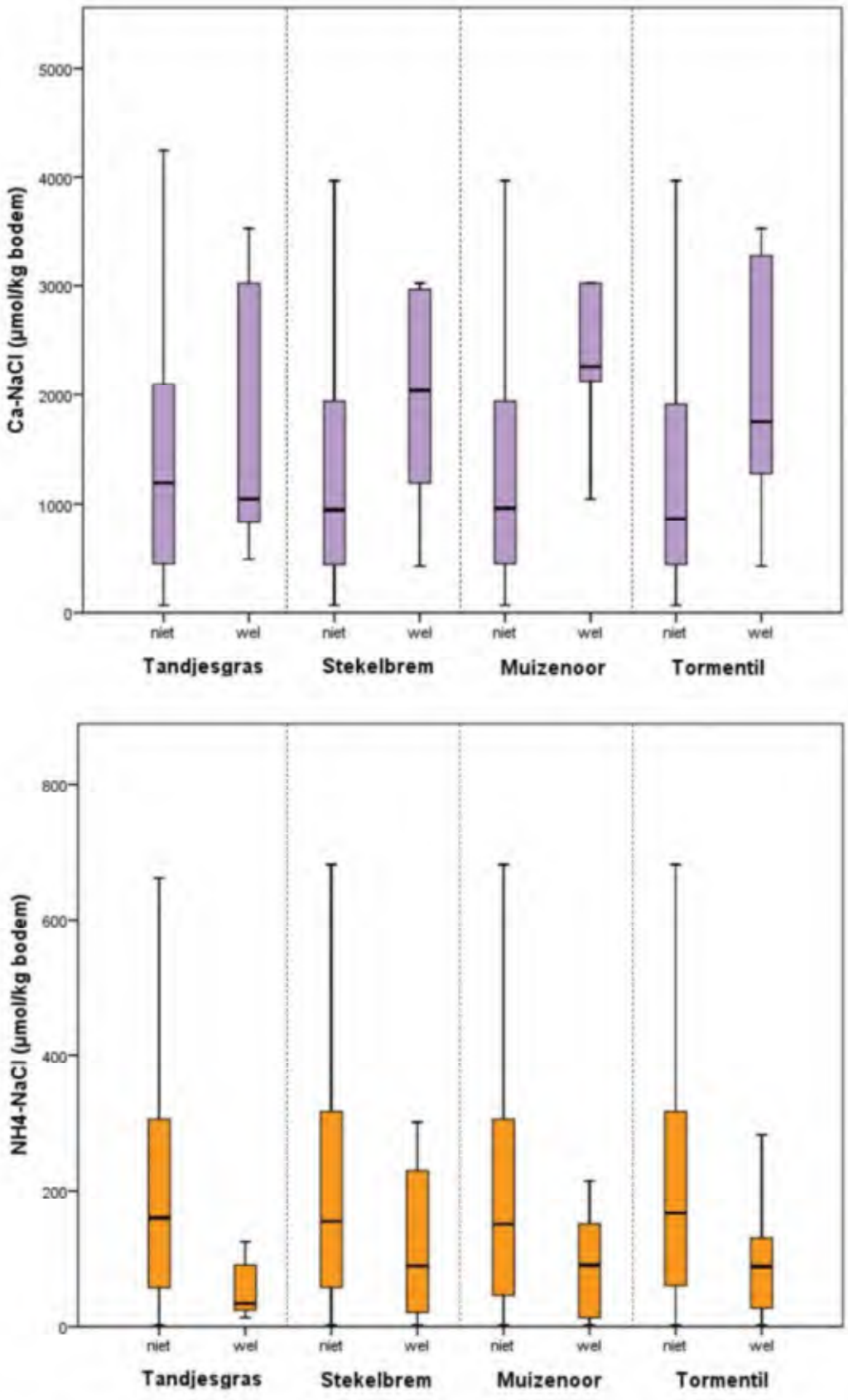
In al deze terreinen zijn specifieke locaties gekozen op basis van het huidige of voormalige voorkomen van de Zadelsprinkhaan en/of het voorkomen van relatief kruidenrijke structuren in de droge heide, de meest kansrijk geachte plekken. Deze metingen zijn dan ook niet bedoeld om een vlakdekkend beeld te vormen van de algemene bodemchemische conditie van de bemonsterde terreinen maar geven wel een goed beeld van de bodemchemische toestand van de (in het verleden) beter ontwikkelde terreindelen met de doelsoort.

In totaal werden er in elf gebieden bodemmonsters verzameld (Figuur 1.2) en geanalyseerd door het laboratorium van Onderzoekcentrum B-WARE.

Figuur 1.2. Ligging van de bemonsterde gebieden (DS=Doornspijkse Heide, EH=Ermelosche Heide, GiH=Ginkelse Heide, GH=Groevenbeekse Heide, HK=Harskamp, HV=Nationaal Park de Hoge Veluwe, OH=Oldebroekse Heide, PW=Planken Wambuis, RVN=Rijk van Nijmegen (Groesbeekse Bos, Heumensoord, Mulderskop en het Zweefvliegterrein), VZ=Veluwezoom en DZ=de Zanding). In groen de gebieden waar de zadelsprinkhaan nog voorkomt.

1.3 Referentiewaarden abiotiek kruidenrijke heidegemeenschappen

Voor de vegetatie in het droog zandlandschap zijn de beschikbaarheid van nutriënten en de zuurgraad belangrijke sturende factoren (o.a. Bobbink 2008; De Graaf *et al.*, 2009). Op basis van een analyse van bodemchemische gegevens met vegetatie-opnamen van Onderzoekcentrum B-WARE konden voor een aantal kenmerkende soorten als Stekelbrem (*Genista anglica*), Tormentil (*Potentilla erecta*), Tandjesgras (*Danthonia decumbens*) en Muizenoortje (*Hieracium pilosella*) bodemchemische randvoorwaarden opgesteld worden (Figuur 1.3). Hierbij bleken pH-zout (NaCl), de concentratie beschikbaar Ca, de Al/Ca-ratio en de NH_4-concentratie de belangrijkste sturende parameters te zijn voor het al dan niet voorkomen van deze kruiden. Naast bovengenoemde parameters zal ook de voor planten beschikbare fosforconcentratie voldoende laag moeten zijn voor heide en heischraal grasland (<400 µmol/kg bodem). Deze referentiewaarden staan weergegeven in Tabel 1.1.



Figuur 1.3. Beschikbare calciumconcentratie en anorganisch ammoniumconcentratie in µmol/kg bodem in de bodem van vegetatie-opnamen waar Tandjesgras, Stekelbrem, Muizenoor en Tormentil niet/wel aanwezig waren.

Tabel 1.1. Waarden gemeten waarbij kruiden als Stekelbrem, Tormentil, Tandjesgras en Muizenoortje nog voorkomen in droge heide, waarbij de pH, de beschikbare calciumconcentratie in µmol/kg bodem, de aluminium/calciumratio in mol/mol en de anorganische ammoniumconcentratie in µmol/kg bodem zijn gemeten in een zoutextract, de voor planten beschikbare fosfaatconcentratie (Olsen-P) in µmol/kg is gemeten en de basenverzadiging in procenten is gemeten in een strontiumextract.

	pH-NaCl	*Ca-NaCl (µmol/kg bodem)*	*Al/Ca-ratio*	*NH_4-NaCl (µmol/kg bodem)*	*BV (%)*	*Olsen-P (µmol/kg bodem)*
Voorkomen van kruiden als Stekelbrem, Tormentil, Tandjesgras en Muizenoortje	*>3,5*	*>1500*	*<2*	*<200*	*>25 goed, 15-25 redelijk*	*150-400*

1.4 Leeswijzer

In deze rapportage is in hoofdstuk 1 de achtergrond van het onderzoek beschreven, en zijn de gebruikte referentie-gegevens verantwoord. In hoofdstuk 2 is de gebruikte methode beschreven voor het bemonsteren en analyseren van de bodemmonsters. In hoofdstuk drie werd door middel van statistische analyses onderzocht of er duidelijke verschillen waren tussen plekken waar de zadelsprinkhaan wel voorkwam, en waar deze was verdwenen. Ook werden de onderzochte terreinen vergeleken met de abiotische waarden gevonden in heiden met meer kruiden (beschreven in H1). In het vierde tot en met het 14de hoofdstuk werden deze gegevens gebruikt om de verzamelde bodemchemische gegevens per terrein te duiden. Op basis van deze vergelijkingen werden knelpunten geformuleerd per terrein(deel), waarna werd ingegaan op mogelijke herstelmaatregelen. In het 15de hoofdstuk werden de belangrijkste conclusies samengevat in een synthese om te eindigen met de gebruikte literatuur (H16).

2. Materiaal en methode

2.1 Monstername en analyses

Gedurende de eerste twee weken van april 2020 werden monsters genomen in alle gebieden. Iedere locatie werd ingemeten met een (d)GPS en er werd een mengmonster van vier steken (met een bodemguts) van de bovenste 10 centimeter van de bodem verzameld (Bijlage I). Bij iedere steek werd de vegetatie van de bodem verwijderd en een algemene indruk van de bodem (grindig, organisch, zandig, etc.) en de aanwezige plantensoorten genoteerd. Ook werd het bodemprofiel vastgelegd door een foto te maken van de guts met bodemmateriaal en werd er van de vegetatie een foto gemaakt. In de defensieterreinen werd gemonsterd met een schep, en werd slechts één locatie bemonsterd (geen mengmonster van meerdere plekken) uit veiligheidsoverweging (munitie). Van elk bodemmonster werd het volgende bepaald:

- Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid
- Olsen-P (de concentratie beschikbaar fosfaat)
- Totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al
- pH_{NaCl} en zoutuitwisselbare/beschikbare concentraties van o.a. ammonium, nitraat en calcium
- Basenverzadiging en het kation uitwisseling complex via een strontiumextractie.

Vochtpercentage, organische stofconcentratie, bodemdichtheid en grindvolume

Het vochtpercentage van het verse bodemmateriaal werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 48 uur bij 60°C. Omdat de bakjes precies tot aan de rand werden afgevuld (volume = 40 ml) konden later ook de concentraties worden omgerekend naar mol per liter bodemvolume. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

De eerste tien centimeter van de bodem was bij een viertal monsters in het Rijk van Nijmegen dusdanig gevuld met grind (>10%) dat correctie nodig was om overschatting van de resultaten te voorkomen. De correctie is gedaan middels de volgende formule:

Correctie factor = x * (1 - (Vg / Vt))

Waarbij *x* het te corrigeren getal is, *Vg* het volume van grind in milliliters en *Vt* het totaal volume van de ingewogen bodem in milliliters.

Olsen-extractie

Plantenbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen et al., 1954) bepaald. Het principe van deze extractiemethode is dat natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) zorgt voor een daling van de concentratie opgeloste calciumionen via de vorming van onoplosbaar calciumcarbonaat ($CaCO_3$). Hierdoor stijgt de concentratie opgelost fosfaat. Natriumbicarbonaat brengt ook de labiele, voor planten snel beschikbare, proportie van de organische fractie in oplossing. Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4°C bewaard tot verdere analyse. De Olsen-P concentraties werden berekend in µmol per kilogram bodem.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk om bij benadering de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmateriaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2, 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met gedemineraliseerd water. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4°C bewaard voor verdere analyse. Concentraties van elementen werden berekend in µmol per kilogram bodem.

Zoutextractie (NaCl-extractie)

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden ionen deels verdrongen door natrium en chloride. Met deze extractie kan onder andere de pH, ammonium- en nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden. Daarnaast kan op basis van de aluminium/calcium-ratio een goede inschatting gemaakt worden van de buffercapaciteit van de bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol l^{-1} natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 120 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het supernatant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewater-bemonsteraars en bewaard bij 4°C tot verdere analyse. De elementenconcentraties werden berekend in µmol per kilogram bodem.

Strontiumextractie

Met een strontiumextractie werd de concentratie strontium-uitwisselbare ionen bepaald en de basenverzadiging. Hiervoor werd vers materiaal ingewogen overeenkomstig met 5 gram droog materiaal (minerale bodems) en met 200 ml strontiumchloride (0,2 mol l^{-1}), geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4°C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18°C tot verdere analyse.

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) in oppervlaktewater en bodemextracten werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific of, ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl-) werd colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na+) en kalium (K+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

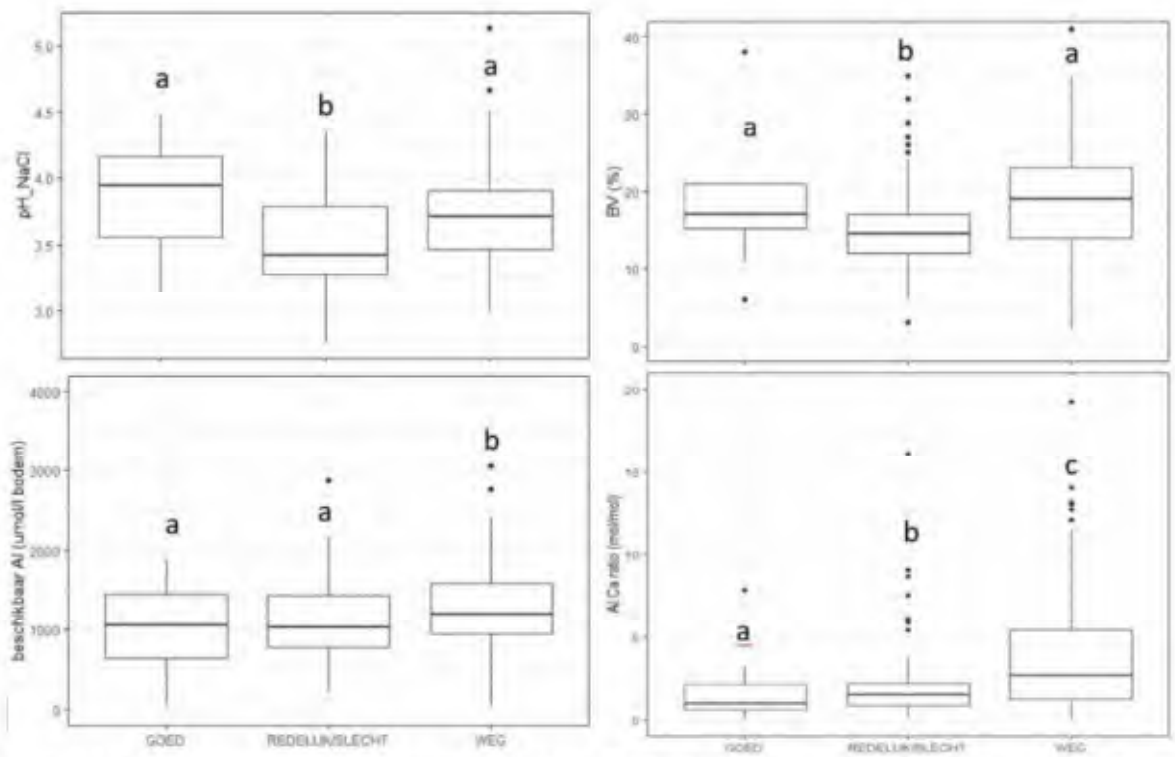
3. Relatie zadelsprinkhaan en bodemchemie

3.1 Bodemchemie en het voorkomen van zadelsprinkhanen

Als eerste analyse werd onderzocht of er duidelijke verschillen zichtbaar waren tussen monsterpunten verzameld op plekken waar het goed gaat met de zadelsprinkhaan (Oldebroek en Mulderskop, n=18), plekken waar de zadelsprinkhaan wel voorkomt maar waar de populatie stabiel is of achteruitgaat (n=68); en plekken waar de zadelsprinkhaan niet (meer) voorkomt (n=137). Deze indeling werd gemaakt op basis van de informatie beschreven in Felix *et al.*, 2019.

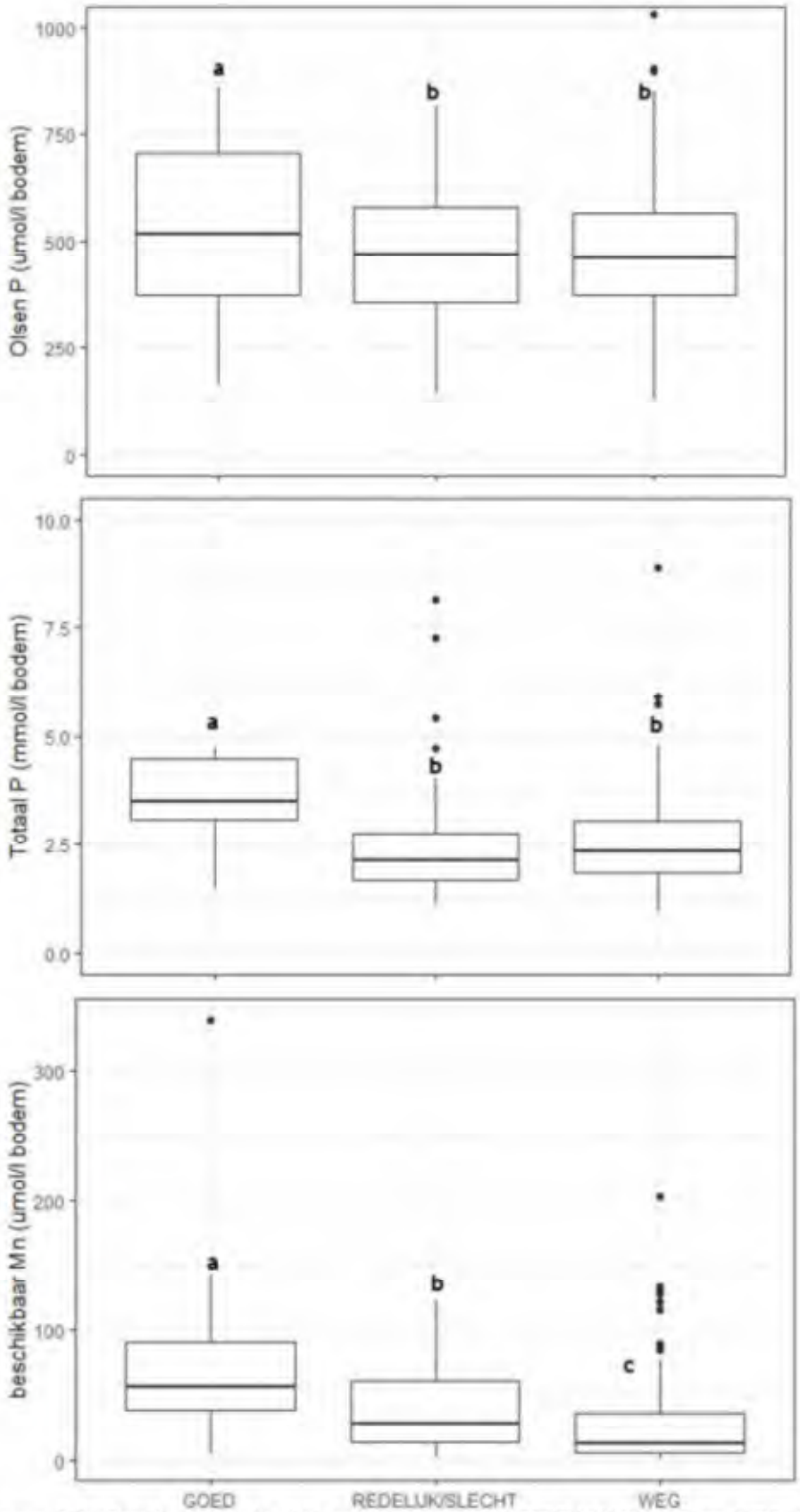
Vervolgens werd getoetst of er een significant ($p<0.05$) verschil was tussen het gemiddelde van parameters gemeten in de locaties waar het goed gaat met de zadelsprinkhaan, vergeleken met de groepen van locaties waar de zadelsprinkhaan nog wel aanwezig was maar waar de populaties niet groter werden, en de plekken waar deze was verdwenen (de factor ZADELPOP). Hiertoe werd een TWO-WAY-ANOVA uitgevoerd met de factoren ZADELPOP, en "GEBIED". Voor iedere variabele werden de gemiddelde en mediane waarden berekend per groep (Zadel WEG, Redelijk/SLECHT en GOED), deze tabel is weergegeven in Bijlage 2. Uit de statistische toets kwamen de volgende parameters als verschillend tussen de groepen: de Al/Ca ratio, basenverzadiging, pH en beschikbaar aluminium (verzuring gerelateerde parameters); en de plantbeschikbare en totale fosfaatgehaltes (voedselrijkdom). Daarnaast werd een duidelijk verschil in mangaanconcentraties gevonden.

Wat de verzuring gerelateerde parameters betreft blijkt de toename van beschikbaar aluminium een mogelijke verklaring te bieden voor het al dan niet voorkomen van de Zadelsprinkhaan; en de verhouding tussen beschikbaar Al en Ca (Figuur 3.1). In de monsterpunten uit de groep "Goed" werd als mediane beschikbare aluminiumconcentratie een waarde van 1057 µmol/l bodem gemeten en een Al/Ca ratio van 0.96; in de groep "Redelijk/Slecht" was dit 1038 µmol beschikbaar Al/l bodem met een Al/Ca ratio van 1.51 tegen 1204 µmol beschikbaar Al/l bodem in de plekken waar de Zadelsprinkhaan weg is, met een Al/Ca ratio van 2.6. pH en basenverzadiging blijken wel te verschillen tussen de drie groepen, maar geven geen duidelijk beeld of verklaring voor het wel of niet aanwezig zijn van de zadelsprinkhaan in het gebied.



Figuur 3.1. Boxplots van de drie groepen "GOED", REDELIJK/SLECHT en WEG. Letters geven significante verschillen tussen groepen weer (p<0.05).

Wat voedselrijkdom betreft werden er duidelijk hogere totaal-P en plantbeschikbare P (Olsen-P) concentraties gemeten in de plekken waar de zadelsprinkhaan nog wel voorkomt en de populatie het goed doet vergeleken met de plekken waar de populatie stabiel of achteruitgaand is, of helemaal is verdwenen (Figuur 3.2). Dit is een signaal dat fosfaatbeschikbaarheid mogelijk via de voedselkwaliteit effect heeft op de zadelsprinkhaan. In de concentratie ammonium, nitraat of de verhouding hiertussen werd geen verschil tussen de drie getoetste groepen gevonden. Daarnaast was een opvallend en eenduidig resultaat het verschil in mangaan-beschikbaarheid (Figuur 3.2), die duidelijk veel hoger was in de plekken waar het goed gaat met de zadelsprinkhaan (mediaan 57 µmol/l bodem), wat lager in de plekken waar de zadelsprinkhaan wel aanwezig is maar de populatie stabiel/achteruitgaand is (mediaan 28 µmol/l bodem), en nog lager op plekken waar de zadelsprinkhaan is verdwenen (mediaan 13 µmol/l bodem). Net als gewervelde dieren hebben alle insecten Mn nodig voor de werking van diverse enzymen (Burnell, 1988; Schramm, 2012). Mn speelt ook een directe rol in verschillende moleculaire en fysiologische processen die specifiek geassocieerd zijn met de ontwikkeling en het gedrag van insecten. Uit studies naar Veldkrekels (*Gryllus campestris)* in plag- en bekalkingsproeven in het Nationale park de Hoge Veluwe (Vogels *et al.*, in prep) werd een duidelijke relatie gevonden tussen mangaan-gebrek en fitness van de veldkrekel. Het achterliggende mechanisme is echter nog onbekend.



Figuur 3.2. Boxplots van de drie groepen "GOED", REDELIJK/SLECHT en WEG. Letters geven significante verschillen tussen groepen weer (p<0.05).

3.2 Vergelijking met kruidenrijke heides

Zoals beschreven in Tabel 1.1 zijn er duidelijke verbanden gevonden tussen het voorkomen van kenmerkende kruiden in droge (stuifzand)heide en de bodemchemie. Met name de pH, beschikbare concentratie aluminium en calcium en de verhouding hiertussen; en de beschikbaarheid van ammonium en fosfaat blijken belangrijke sturende factoren te zijn. In de volgende paragrafen zijn de gemeten waarden per terrein weergegeven in een boxplot, waarbij de box (het gekleurde vlak) 50% van de waarnemingen weergeeft, en de dikke zwarte streep in de box de mediane waarde. Een losse stip geeft een waarde weer die sterk afwijkt van de rest van de waarden gemeten in dat terrein (een "uitschieter"). Ter vergelijking werd in ieder figuur een grijs doorzichtig vlak geplaatst, dat de range weergeeft gemeten in kruidenrijke heide en heischrale graslanden, zoals beschreven in Tabel 1.1.

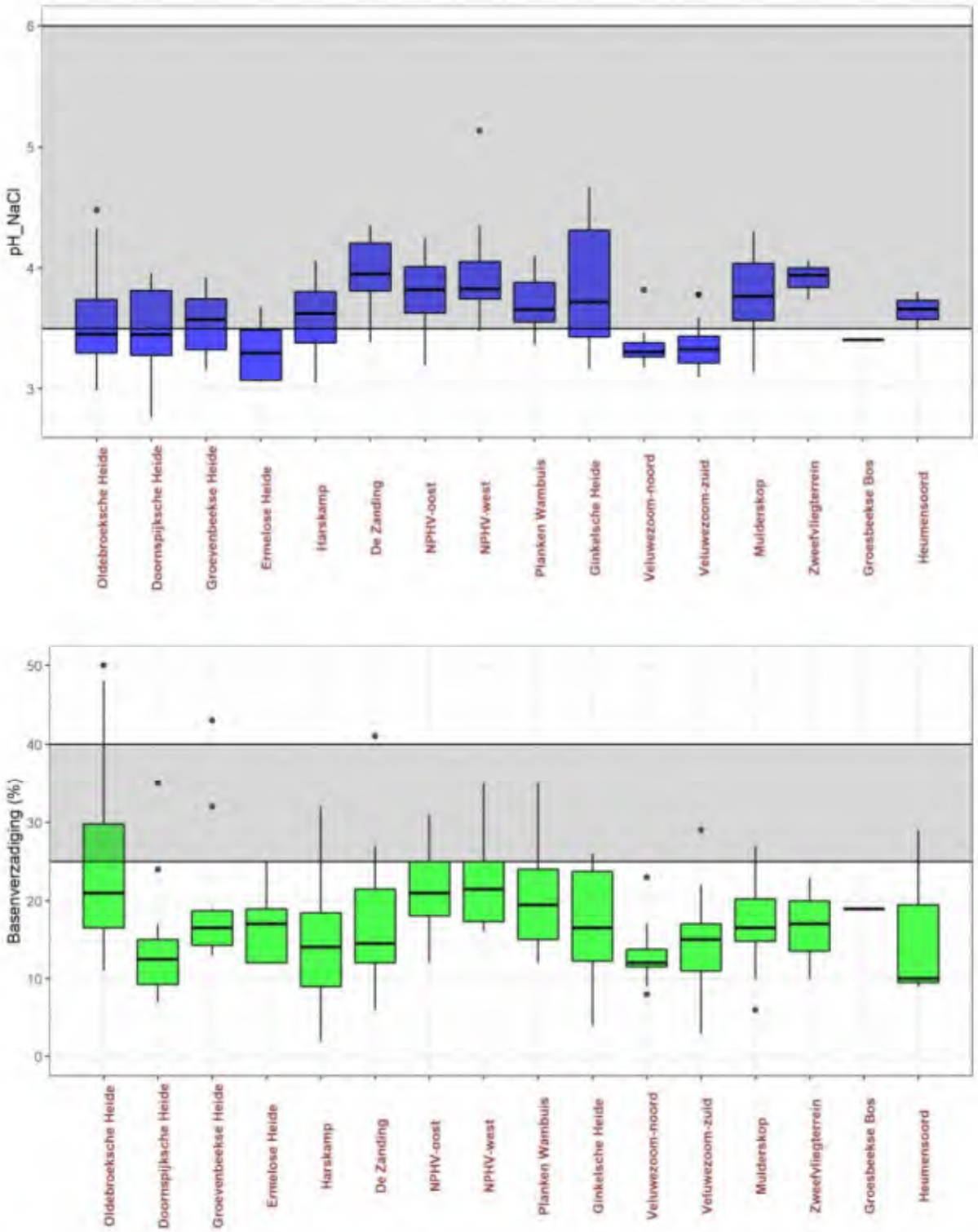
3.2.1 Verzuringsgerelateerde factoren

In heideterreinen met kenmerkende kruiden werd een pH_{NaCl} gemeten hoger dan 3,5. In een deel van de onderzochte terreinen werd aan deze eis voldaan, namelijk op de plekken waar de zadelsprinkhaan nu nog voorkomt in Oldebroek. Ook op de bemonsterde plekken in De Zanding, de locaties in het nationale park de Hoge Veluwe (NPHV), Planken Wambuis en de Ginkelse heide werden voldoende hoge pH-waarden gemeten net als in de terreinen rondom Nijmegen (Mulderskop, Heumensoord en het zweefvliegterrein bij Malden) (Figuur 3.3). De basenverzadiging laat een wat minder rooskleurig beeld zien. Alleen op een deel van de bemonsterde plekken in Oldebroek werd een voldoende hoge basenverzadiging gemeten, maar ook hier was de basenverzadiging op een deel van de bemonsterde locaties te laag. In de andere terreinen voldeed de basenverzadiging niet, op een enkele uitschieter na (Figuur 3.3).

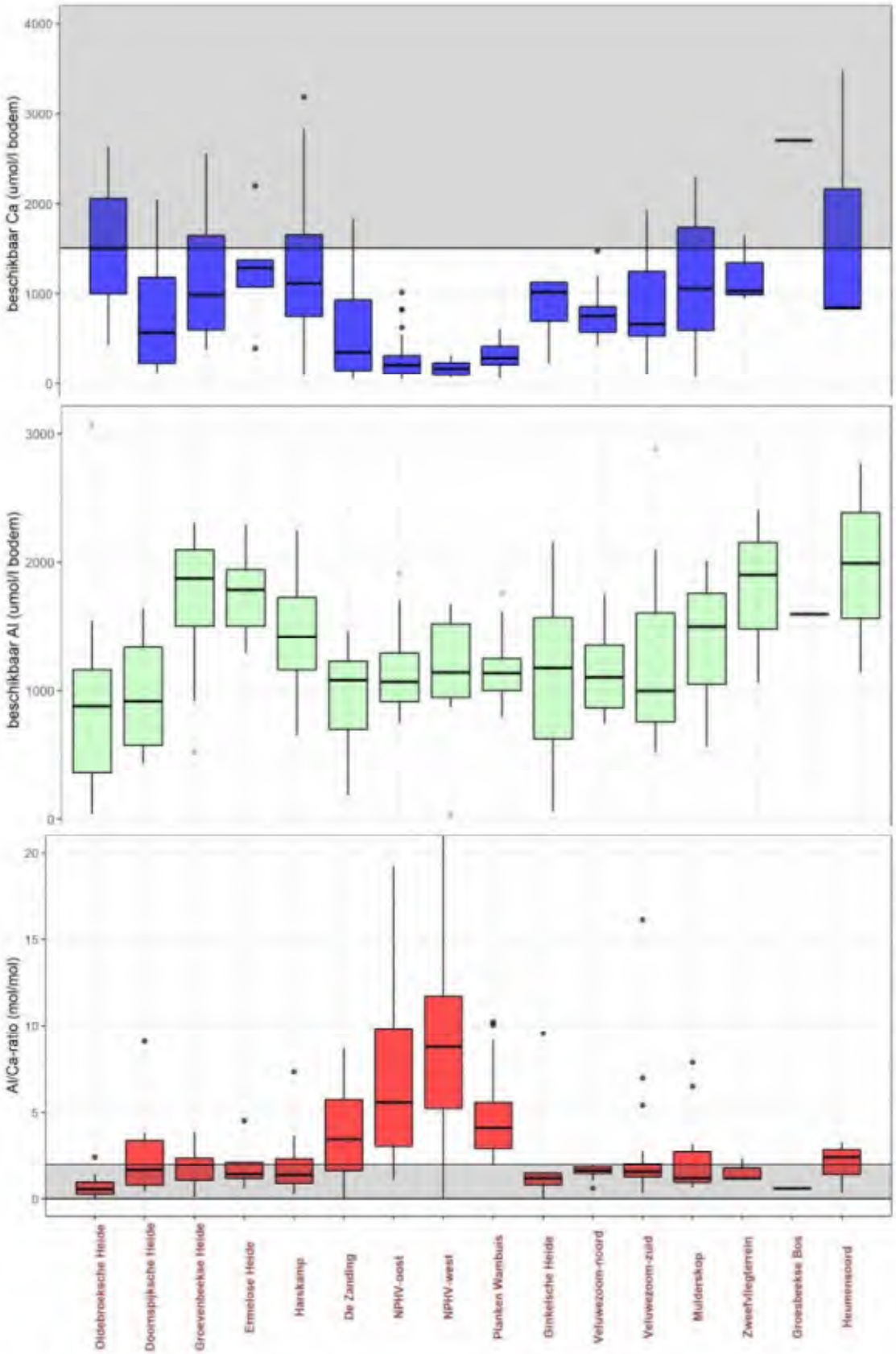
In kruidenrijke heiden wordt over het algemeen meer dan 1500 µmol beschikbaar calcium/l bodem gemeten en is de verhouding aluminium ten opzichte van calcium maximaal 1 staat tot 2 (Al/Ca-ratio is kleiner dan 2). Zodra er (veel) meer aluminium dan calcium beschikbaar komt, verdwijnen veel kenmerkende kruiden uit de heide. In de bemonsterde locaties valt direct op dat op de locaties in het Nationale park de Hoge Veluwe en de planken Wambuis zeer lage beschikbare calciumconcentraties werden gemeten (<500 µmol/l bodem), en dat de Al/Ca-ratio in deze terreinen veel te hoog was (vaak hoger dan 5) (Figuur 3.4). In de Harskamp werd een duidelijk hogere beschikbare calciumconcentratie en lagere Al/Ca-ratio gemeten op een deel van de bemonsterde plekken maar ook hier was de situatie in een groot deel van het terrein ongunstig. Voor alle andere locaties geldt dat er vrijwel altijd te weinig beschikbaar calcium in de bodem werd gemeten, en de Al/Ca-ratio's waren overal te hoog of "net op het randje". Uitzondering was Oldebroek, waar de Al/Ca-ratio wel voldoende laag was. Dat betekent dat op de plekken in dit terrein de beschikbare calciumconcentraties weliswaar laag waren, maar de beschikbare aluminiumconcentraties ook!

Voor alle bemonsterde terreinen geldt daarmee dat er sprake is van een te lage basenverzadiging, vaak te lage beschikbare calciumconcentraties en een ongunstige Al/Ca-ratio vergeleken met gegevens uit kruidenrijke heiden.

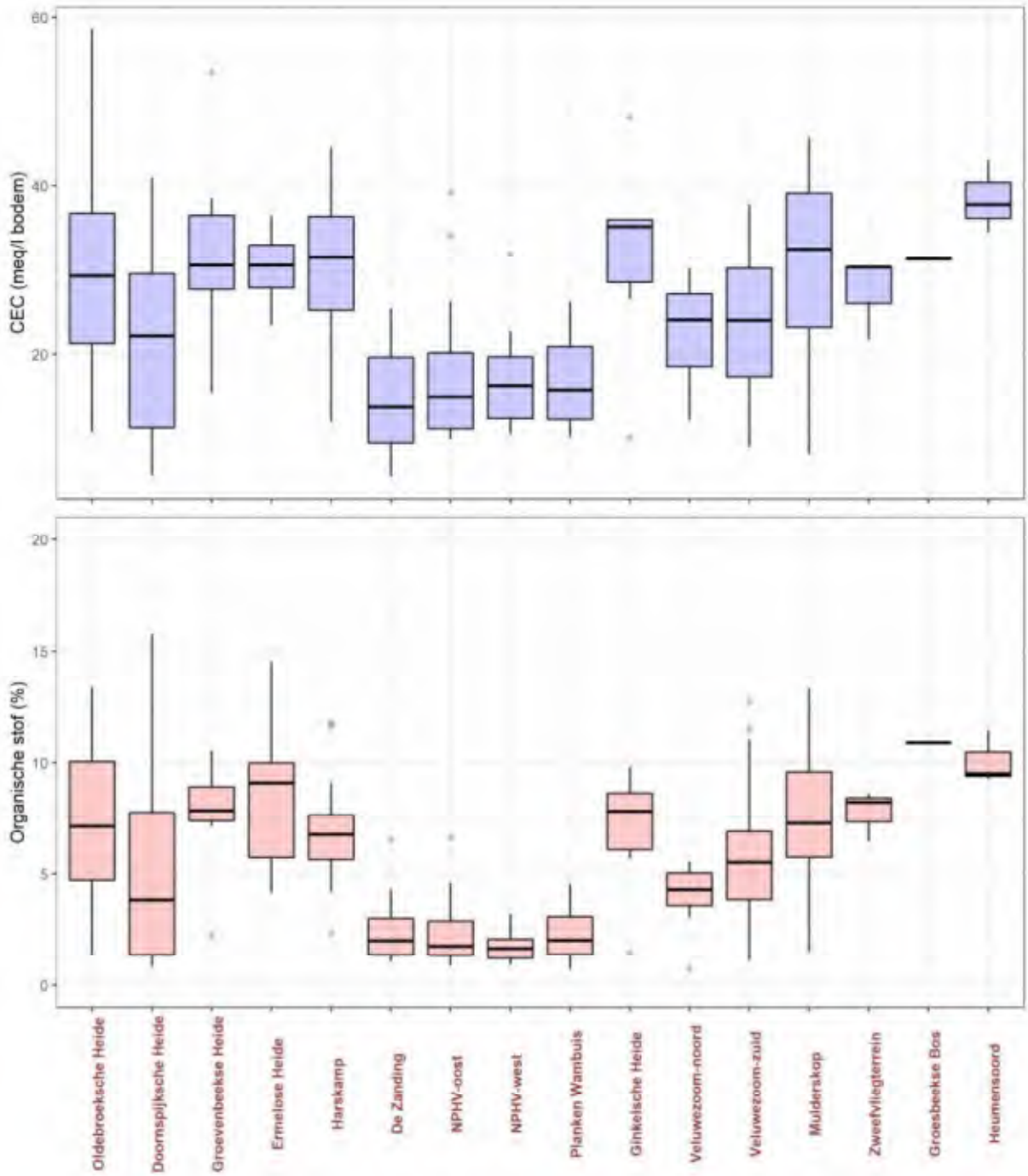
Verder viel op dat de CEC en het organisch stof percentage sterk verschilde tussen de bemonsterde terreinen (Figuur 3.5). In De Zanding, de locaties in het NPHV en de Planken Wambuis werd een veel lagere CEC en organische stof percentage gemeten dan in de andere terreinen. Deze terreinen werden ook in het veld eerder beschreven als stuifzandheide dan als typische droge heide. In deze stuifzand-locaties werden de laagste beschikbare calciumconcentraties gemeten, wat logisch is omdat calcium met name aan organische stof bindt in deze gronden. De beschikbare aluminiumconcentraties waren niet hoger dan die gemeten in de andere terreinen, maar door de lage calciumbeschikbaarheid wordt de verhouding tussen Al en Ca in deze stuifzandterreinen heel snel te hoog. Deze gebieden zijn daarmee erg gevoelig voor verzuring.



Figuur 3.3. Boxplots met de gemeten pH-NaCl waarden en Basenverzadiging in de verschillende terreinen. Het grijze vlak geeft de waarden gemeten in kruidenrijke heides (Tabel 1.1).



Figuur 3.4. Boxplots met de gemeten beschikbare calciumconcentratie en aluminiumconcentratie (gemeten in het NaCl-extract) in µmol/l bodem en de Al/Ca-ratio (mol/mol) in de verschillende terreinen. Het grijze vlak geeft de waarden gemeten in kruidenrijke heides (Tabel 1.1).

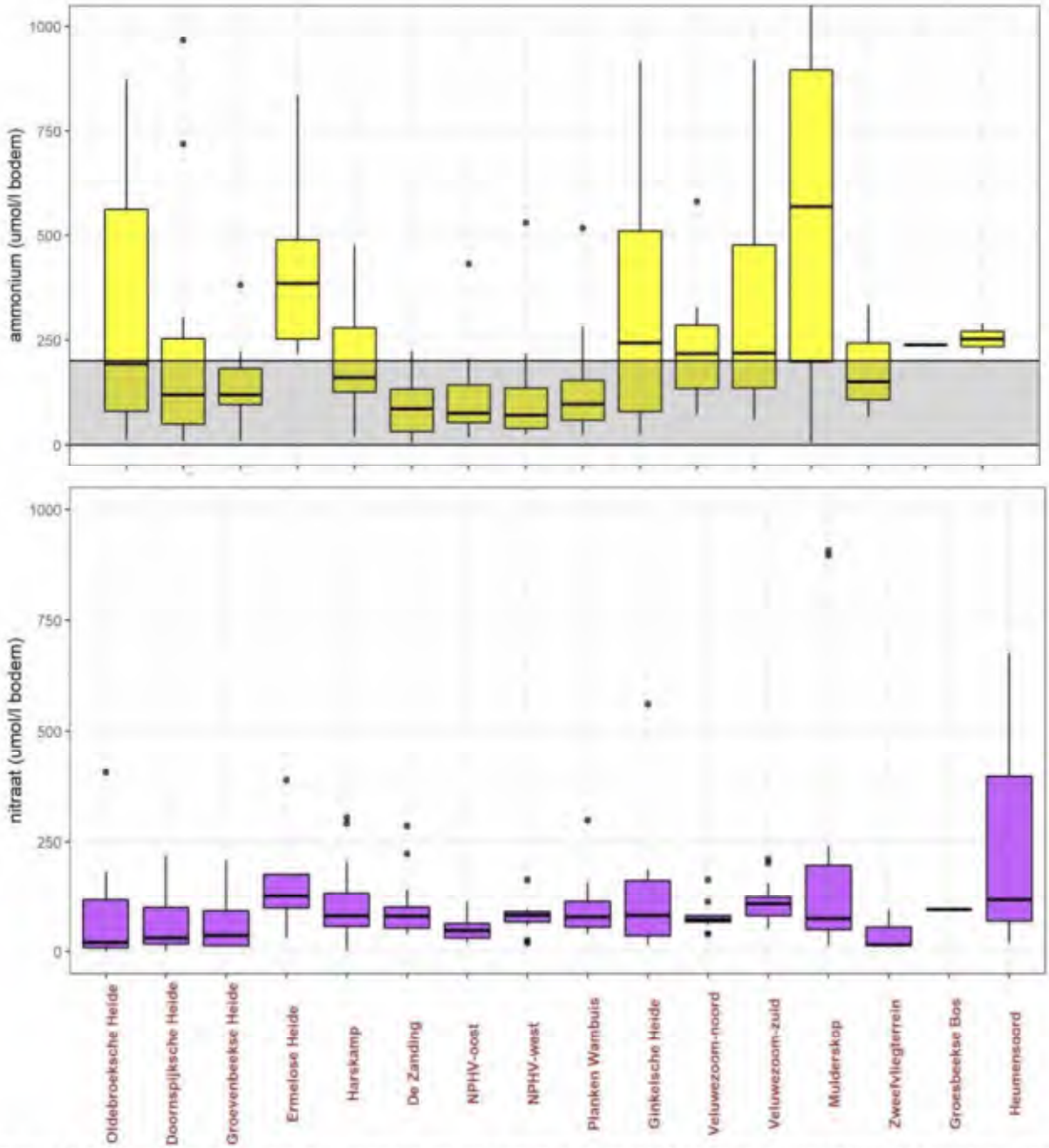


Figuur 3.5. Boxplots met de gemeten Cation exchange Capacity (CEC) in meq/l bodem gemeten in het strontiumextract en het organische stof percentage in de verschillende terreinen.

3.2.2 Stikstof

Hoge ammoniumconcentraties zijn een vaak voorkomend probleem in de Nederlandse heideterreinen, waarbij droogte de beschikbaarheid van ammonium en ook nitraat nog eens sterk kan verhogen (Bobbink *et al.*, 2020). In kruidenrijke heides en heischrale graslanden werden over het algemeen ammoniumconcentraties lager dan 200 µmol/l bodem gemeten. In de bemonsterde terreinen werd in een deel van de locaties (veel) te veel ammonium gemeten, met name Mulderskop en de Ermelose heide waren veel te rijk aan ammonium. Voor alle bemonsterde terreinen geldt dat er in een deel van de locaties te veel ammonium werd gemeten, maar dat de gemiddelde concentraties voor

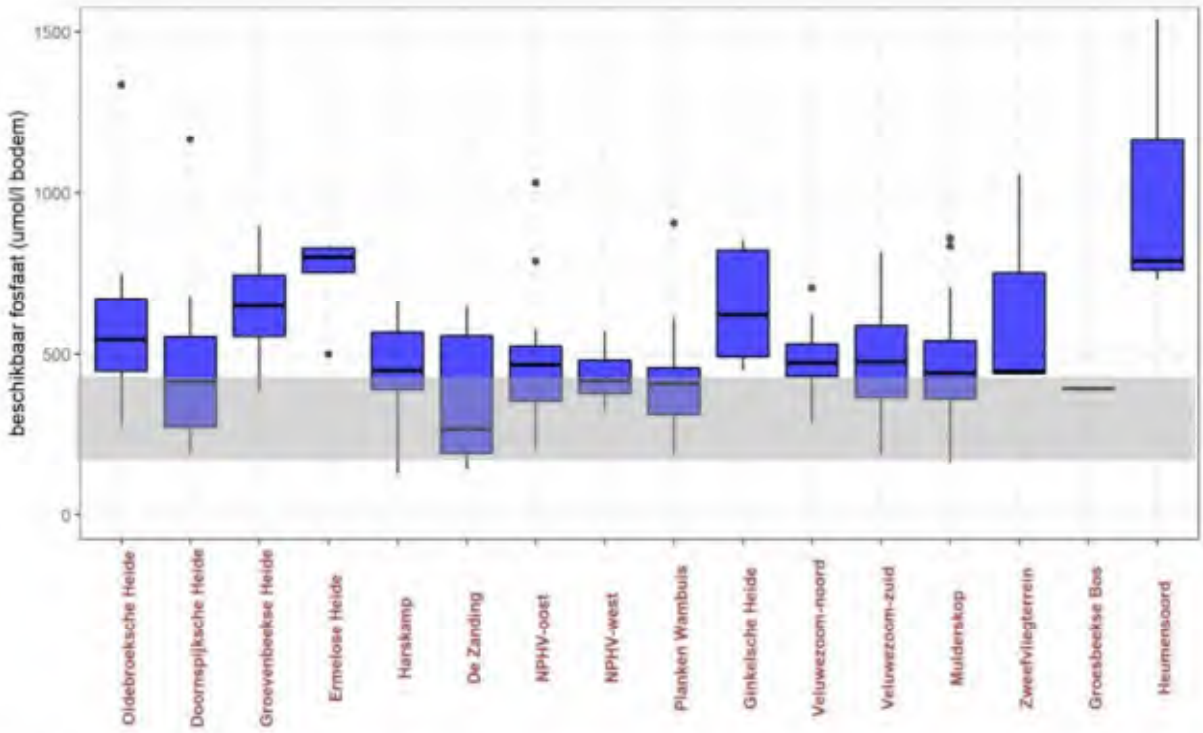
Nederlandse begrippen nog redelijk laag zijn. Verder valt op dat er in de Zanding, het NPHV en de Planken Wambuis relatief lage ammoniumconcentraties werden gemeten (Figuur 3.6).



Figuur 3.6. Boxplot met de gemeten ammoniumconcentratie in µmol/l bodem in de verschillende terreinen. Het grijze vlak geeft de waarden gemeten in kruidenrijke heides (Tabel 1.1).

3.2.3 Fosfaat

De gemeten plantbeschikbare fosfaatconcentraties (Olsen-P) waren over het algemeen aan de hoge kant vergeleken met de waarden opgenomen in Tabel 1.1. Voor het voorkomen van kruiden en de voedselkwaliteit van de heide is dit echter geen knelpunt, en een wat hogere fosfaatbeschikbaarheid lijkt juist gunstig zijn voor de zadelsprinkhaan. Uitzondering is De Zanding waar een opvallend lage beschikbare fosfaatconcentratie werd gemeten.



Figuur 3.6. Boxplots met de gemeten beschikbare fosfaatconcentratie (gemeten in het Olsen-extract) in µmol/l bodem in de verschillende terreinen. Het grijze vlak geeft de waarden gemeten in kruidenrijke heides (Tabel 1.1).

3.3 Conclusies

Uit bovenstaande analyse van de bodemchemie blijkt dat parameters die verzuring gerelateerd zijn (aluminium- en calciumbeschikbaarheid en de Al/Ca-ratio), en de fosfaat- en mangaanbeschikbaarheid belangrijke bodemchemische factoren zijn die bepalend kunnen zijn voor het al dan niet voorkomen van de zadelsprinkhaan. Ook blijkt duidelijk dat in de bemonsterde terreinen verschillende knelpunten aanwezig kunnen zijn. Zo is in de stuifzandheides (NPHV, Planken wambuis en De Zanding) een gebrek aan beschikbaar calcium het grootste knelpunt. In Oldenbroek, Ermelosche heide, Ginkelse heide, Veluwezoom en Mulderskop werden (veel) te hoge ammoniumconcentraties gemeten. Mogelijke herstelmaatregelen worden beschreven in paragraaf 3.4, waarna in het volgende hoofdstukken per terrein wordt aangegeven welke knelpunten gemeten zijn, (of vermoed worden) en welke maatregelen genomen kunnen worden om deze op te heffen.

3.4 Herstelmaatregelen

De negatieve gevolgen van versnelde bodemverzuring in de Nederlandse zandgronden zijn een groot probleem, naast de verhoogde N-accumulatie in het systeem. Ook in de typische, van nature minder soortenrijke droge heide-variant is in de laatste decennia een verlies van soorten geconstateerd. Typische droge heide is nu vaak extreem soortenarm met enkel de meest taaie soorten die hier nog kunnen overleven (Struikhei, verschillende grassen en mos). De hoge accumulatieve N-depositie, en S-depositie uit het verleden, hebben gezorgd voor versnelde bodemverzuring. Dit resulteert in een lage pH, lage basenverzadiging, uitspoeling van basische kationen en toename van de beschikbare aluminiumconcentraties. Daarnaast heeft N-depositie ook een vermestend effect, en wordt bij een te zure bodem ammonium niet langer omgezet naar nitraat, waardoor hoge ammoniumconcentraties worden gemeten die voor veel doelsoorten toxisch zijn (H1, Tabel 1.1). Uit de data-analyse is gebleken dat ook in de bemonsterde locaties sprake is van bodemverzuring (lage basenverzadiging,

lage calciumbeschikbaarheid, hoge aluminiumbeschikbaarheid en te hoge Al/Ca-ratio), naast lokaal te hoge ammoniumconcentraties. Voor het behoud of herstel van een voor de zadelsprinkhaan vereiste kruidenrijke heide is herstel van de bodembuffering nodig (verhogen beschikbaarheid basische kationen en verlagen Al en Al/Ca-ratio en verhogen basenverzadiging en pH;). Ook zijn er in deze dataset signalen dat er sprake kan zijn van een ongunstige P-balans, resulterend in een te hoge N/P-ratio in Struikhei (een voedselplant voor de zadelsprinkhaan), en verlies van kruidachtigen uit de heide. In deze studie kon gelet op de monsterperiode echter geen "current years" plantmateriaal van struikhei worden gemeten, waardoor over de voedselkwaliteit geen duidelijke uitspraken gedaan kunnen worden. Wel wordt in het advies aandacht besteed aan lage gemeten P-concentraties in de bodem. Daarnaast zijn in een deel van de terreinen ook maatregelen nodig gericht op het verlagen van de beschikbaarheid van ammonium. Het afvoeren van te veel voedingsstoffen (NH_4) is vaak ingrijpend (chopperen, plaggen) of duurt lang (maaien en afvoeren, schapenbegrazing of branden).

Eén van de mogelijke middelen voor herstel van de bodembuffering is het gebruik van gemalen silicaatgesteente, ook wel steenmeel genoemd (van Diggelen *et al.*, 2019). In de droge heide en stuifzandheide blijkt dit redelijk tot goed te werken. Het duurt 3 tot 5 jaar voordat de positieve resultaten op de bodemchemie duidelijk meetbaar zijn in de bodem, en werden met name effecten op de calciumbeschikbaarheid, Al/Ca-ratio en basenverzadiging gemeten (Weijters *et al.*, 2019, Verbaarschot *et al.*, 2020). Het voordeel van een silicaatsteenmeel ten opzichte van een dolomietkalkgift is dat met silicaatsteenmeel naast Ca ook K en sporenelementen worden ingebracht. Er zijn momenteel verschillende, in proeven geteste, steenmeelproducten beschikbaar die in samenstelling verschillen. In de proeven uitgevoerd in de provincie Gelderland in droge- en vochtige heide blijkt het product Soilfeed tot goede resultaten te leiden (Vogels *et al.*, 2020; Weijters *et al.*, 2018, De Vries *et al.*, 2019). Soilfeed bevat calcium- en kaliumleverende mineralen maar vrijwel geen P. Ook met Eifelgold werden goede resultaten behaald, maar dit product is in Gelderland enkel getest in loofbos (De Vries *et al.*, 2018). Eifelgold bevat naast calcium- en kaliumleverende mineralen ook wat fosfor. Het derde geteste steenmeel is Biolit. Biolit bevat nagenoeg geen kaliumleverende mineralen, maar wel ongeveer 10% calciummagnesiumcarbonaat (dolomiet) dat makkelijk oplost en wat fosfaat. Biolit bevat daarnaast ook langzaam verwerende silicaatmineralen die op de lange termijn calcium en magnesium. Over het product Biolit heerst momenteel enige onzekerheid. De bijgeleverde en geaccrediteerde productbestanden geven aan dat het product veilig in gebruik is; maar er kan nog niet uitgesloten worden dat het product geen fijngemalen kwartskristallen bevat die schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid bij toediening. Voor een grootschalige toediening wordt dit product dan ook nog niet gebruikt in natuurgebieden in Nederland, kleinschalige toedieningen worden in de praktijk wel al toegepast (strookjes, plagbanen....). In de adviezen in de volgende hoofdstukken wordt Biolit niet genoemd als optie, maar het gegeven advies "Steenmeel + 1 ton dolokal" kan vervangen worden door een gift van 10 ton Biolit/ha. Biolit bevat mangaan en wat fosfor, en zou voor het herstellen van de voedselkwaliteit heel geschikt kunnen zijn.

Voor het behoud van de zadelsprinkhaan is het van belang om, binnen de mogelijkheden, voor snel herstel van de bodem te kiezen zodat de vegetatiesamenstelling (voedselaanbod) zo snel mogelijk verbeterd. Daarom wordt in dit project geadviseerd om dolomietenkalk (dolokal) of een ander kalkproduct te gebruiken zoals schelpenkalk of Biolit. Van kalkproducten is goed bekend dat deze binnen een jaar voor duidelijke verbeteringen van de bodembuffering zorgen die ook voor lange tijd kan aanhouden (Bobbink & van der Zee, 2018) en dat dit kan zorgen voor een toename van kruiden in heide en heischrale graslanden, mits er nog zaadvoorraden aanwezig zijn. Het gebruik van kalkproducten kan soms negatief uitpakken voor een deel van de invertebrate fauna (Vogels *et al.*, *in prep.*), maar dit is enkel geconstateerd op plekken waar kalk werd opgebracht na plaggen, of wanneer er een hoge dosering werd opgebracht (meer dan 4-5 ton/ha) (Bobbink *et al.*, 2018; Siepel *et al.*, 2019). Bij het gebruik van kalkproducten in een lagere dosering (tot 4 ton/ha) werden in bestaande droge en vochtige heides geen negatieve effecten op de fauna gemeten, ook niet na vijf tot zeven jaar (Weijters *et al.*, 2019; Verbaarschot *et al.*, 2020 en Wallis de Vries *et al.*, 2019). Daarom wordt in dit project geadviseerd om (kleinschalig) te bekalken met dolomietenkalk, schelpenkalk of Biolit

als snel herstel van de bodembuffering gewenst is. In het geval van gewenst snel herstel, maar een vermoeden van mineralen-onbalans (mangaan-tekort) en P-tekorten; is het combineren van een (dolomieten)kalkgift voor snel bufferherstel met een steenmeelgift (langdurige levering van basische kationen en sporenelementen en mogelijk P) een voor de hand liggende optie. Met het combineren van steenmeel met kalkproducten is echter nog nauwelijks praktijkervaring. Uit proeven op de Strabrechtse heide waar dolomietenkalk met Eifelgold werd gecombineerd blijkt echter dat binnen drie jaar de bodembuffering verbeterd. In deze proef werd ook fosfaat toegediend in een deel van de proefvlakken. De resultaten van deze behandelingen op de fauna zijn echter nog niet beschikbaar.

Het combineren van producten is dus nog een duidelijk kennishiaat, net als de interactie van bufferherstel met P-beschikbaarheid (Bobbink *et al.*, 2019). Daarom worden in deze rapportage steeds meerdere opties genoemd voor snel en geleidelijk herstel van de bodem. Met het oog op de urgentie om de zadelsprinkhaan te behouden dan wel de populaties uit te breiden, wordt geadviseerd om binnen terreinen meerdere opties kleinschalig toe te passen. Een deel van deze adviezen is gebaseerd op expert judgement, waarbij het risico op negatieve gevolgen op basis van de huidige beschikbare kennis als zeer klein wordt geschat.

Het afvoeren van ammonium in heidebodems zonder te plaggen is een moeilijke opgave. Een mogelijke maatregel is chopperen, gevolgd door enkele jaren van drukbegrazing om vergrassing te voorkomen of dominantie van grassen te doorbreken. Na chopperen wordt geadviseerd om te bekalken om een ammoniumpiek te voorkomen. Mogelijk kan maaien en afvoeren, eventueel in combinatie met begrazing, ook leiden tot afname van de ammoniumconcentratie in de bodem. Een andere optie om ammonium af te voeren in droge heide is branden in de winter, gevolgd door drukbegrazing. Uit onderzoek van Vogels *et al.*, (2017) blijkt dat branden in droge heide als beheermaatregel kan leiden tot een verhoogde flux van nitraat en ammonium in de bodem en hogere concentraties uitwisselbaar kalium. Vanaf 3 jaar na branden en drukbegrazen waren in deze studie de ammonium- en nitraatconcentraties in de bodem sterk afgenomen en was de dominantie van grassen verminderd.

In het geval van een indicatie van een scheve N/P-ratio in de bodem door een zeer lage P-concentratie ten opzichte van ammonium en nitraat, kan gedacht worden aan het toedienen van fosfaat. Voor een snelle toename van P in de bodem wordt geadviseerd om Biolit of een P-meststof op te brengen. Deze toepassing wordt alleen geadviseerd bij lage sstikstofbeschikbaarheid in de bodem vanwege het risico op verruiging van de vegetatie. Met de toediening van Eifelgold kan een geleidelijke toename van fosfaat gerealiseerd worden.

Na het nemen van bufferherstelmaatregelen of het afvoeren van ammonium wordt geadviseerd om het aandeel kruiden in de vegetatie te bevorderen door vers maaisel uit goed ontwikkelde kruidenrijke heide of heischraal grasland, eventueel aangevuld met een adequaat zadenmengsel, op te brengen op de al aanwezige open plekken of op de opengemaakte zode.

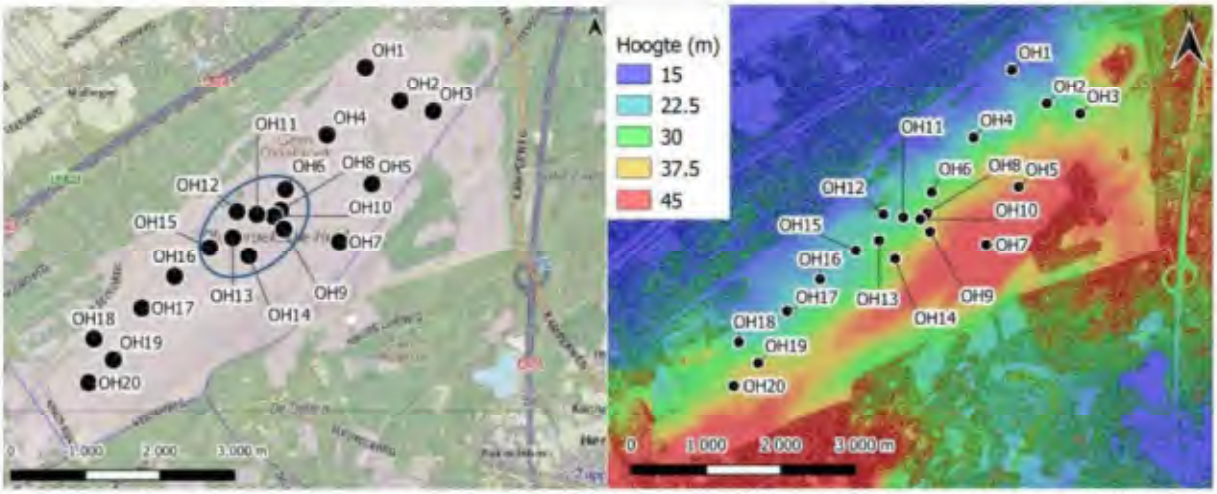
Voor alle hierboven genoemde herstelmaatregelen is het ook van belang af te wegen of deze mogelijk schadelijk zijn voor aanwezige populaties van de Zadelsprinkhaan. In dat geval dienen de plekken waar deze populaties voorkomen uitgespaard te worden.

In de volgende hoofdstukken wordt per terrein(deel) aangegeven welke bodemchemische knelpunten geconstateerd werden; en welke mogelijke herstelmaatregelen genomen kunnen worden om deze op te lossen. Hierbij wordt op basis van de geconstateerde knelpunten meerdere opties gegeven voor snel herstel (met het oog op de urgentie voor het behoud van de zadelsprinkhaan) en geleidelijk herstel.

4. Oldenbroekse Heide

4.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties

In het Noordoosten van de Veluwe aan de andere kant van de Eperweg en tegenover de Doornspijkse Heide ligt het grootst aaneengesloten heidegebied van Nederland, de Oldenbroekse Heide. Net als de Doornspijkse Heide is de Oldenbroekse Heide onderdeel van het Artillerie Schietkamp van de Nederlandse krijgsmacht en niet vrij toegankelijk voor wandelaars of fietsers. Het gebied is geomorfologisch gelegen in het Veluwe stuwwallencomplex op de noordoostelijke stuwwal die ongeveer de helft van het gebied beslaat. De andere helft van het gebied bestaat uit smeltwaterterras, landduin en verschillende droogdalen (PDOK, 2020). Het gebied wordt qua bodemtype vooral opgemaakt uit haarpodzolgronden en in het centrum ook duinvaaggronden (PDOK, 2020). Het openhouden van de heide wordt hier onder andere gedaan door brandbeheer wat mogelijk geleid heeft tot de grote populaties van de twee zeldzaamste sprinkhanen van Nederland, de Kleine wrattenbijter (*Gampsocleis glabra*) en de zadelsprinkhaan (*Ephippiger diurnus*) (Reemer, 2012 en Felix et al., 2019). De Zadelsprinkhaan lijkt naast een grote populatie ook een stabiele populatie te hebben van meer dan 100 individuen precies in het midden van het terrein (Felix et al., 2019). In het gebied werd op twintig plekken de bodem bemonsterd, waarvan OH6 en 8 tot en met 15 gelegen waren in het populatiegebied van de Zadelsprinkhaan (Figuur 4.1).



Figuur 4.1. Overzicht van de monsterpunten in de Oldebroekse Heide op een topografische kaart (links) en hoogtekaart (rechts). Monsterpunten gelegen in het populatiegebied van de zadelsprinkhaan zijn blauw omcirkeld. Bron: PDOK.

De bodem bestond vaak uit grof zand (OH1, 3, 4, 6-9, 11-14, 17, 19 en 20) met soms grind (OH6 en OH8) en vaak een fractie leem (OH6, 12, 14, 17, 19 en 20). De overige bodems waren zwarte organische bodems (OH2, 5, 10 en 14-16).

Figuur 4.2. Foto van de bodem bij monsterpunt OH17 op schep bestaande uit voornamelijk grof zand en kiezels.

Figuur 4.3. Foto van organische bodem op de schep bij monsterpunt OH4.

4.2 Vegetatiebeschrijving

Zeldzaam was het door Struikhei (*Calluna vulgaris*) gedomineerde landschap en was eigenlijk enkel gevonden het verst van het centrum van de Oldeboeksche Heide bij monsterpunt OH1, 3, 4, 19 en 20 (Figuur 4.4). Dichter naar het centrum toe ging het bij monsterpunt OH7 en 15-18 over naar iets wat grazigere begroeiing met meer Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) dan Struikhei, maar wel een open structuur (Figuur 4.5). Hier groeide ook veel andere soorten als Tormentil (*Potentila erecta*), Stekelbrem (*Genista anglica*), Brem (*Cytisus scoparius*), Liggend walstro (*Galium saxatile*), Dophei (*Erica tetralix*), Pilzegge (*Carex pilulifera*). Waarna het in het centrum (OH6-14) structuur- en (zeer) kruidenrijk werd (Figuur 4.6). Hier groeide onder andere Schapenzuring (*Rumex acetosella*), Liggend walstro, Gewoon biggenkruid (*Hypochaeris radicata*), Struikhei, Dophei, Brem, Kruipbrem (*Genista pilosa*) en Zandblauwtje (*Jasione montane*). De vegetatie bij monsterpunt OH2 en 5 verschilde echter

veel van de hierboven beschreven beelden. Vorig jaar was er gebrand bij OH2 en de vegetatie was hier dan ook in een kolonisatie fase met jonge planten die verspreid uit elkaar stonden (Figuur 4.7). De vegetatie had eenzelfde karakter bij OH5, maar stond verder in het kolonisatieproces dan OH2 aangezien op deze plek ongeveer 3 jaar geleden was gebrand (Figuur 4.8). Op deze twee plekken groeide voornamelijk Struikhei, Dophei, Pijpenstrootje en Pilzegge, maar ook Klein warkruid (*Cuscuta epithymum*), Schapenzuring en stukjes met Blauwe zegge zijn aangetroffen.

Figuur 4.4. Het door Struikhei gedomineerde landschap bij monsterpunt OH20.

Figuur 4.5. Voorbeeld van een wat grazigere begroeiing meer richting het centrum van de Oldebroekse Heide bij monsterpunt OH15.

Figuur 4.6. Structuurrijke heide bij monsterpunt OH13 met daartussen relatief veel plantensoorten.

Figuur 4.7. De koloniserende vegetatie bij monsterpunt OH2 nadat er vorig jaar gebrand was.

Figuur 4.8. Ongeveer drie jaar nadat er gebrand was bij monsterpunt OH5.

4.3 Resultaten en advies

De Oldenbroekse Heide is één van de weinige terreinen in Gelderland met een stabiele populatie zadelsprinkhanen. Locaties OH6 en 8 tot en met 15 waren gelegen in het populatiegebied van de zadelsprinkhaan. In dit terrein werden relatief weinig knelpunten voor het voorkomen van kruiden in de heide geconstateerd (Tabel 4.1). De Al/Ca-ratio was met uitzondering van locatie OH13 laag met ratio's onder de 2 mol/mol. Op locatie OH13 werd een licht verhoogde Al/Ca-ratio van 2,4 mol/mol gemeten. Ook de bodem-pH was niet zeer laag met waarden boven de 3,0 pH-eenheden. Op de helft van de bemonsterde locaties was de Ca-beschikbaarheid in de bodem op het randje of ver buiten de range gemeten in kruidenrijke heides.

Op het merendeel van de locaties was de ammoniumconcentratie in de bodem laag en vormt NH_4 geen knelpunt. Op locatie OH5, 6, 10, 12 en 17 was de ammoniumconcentratie in de bodem aan de hoge kant (>200 µmol/l bodem). Lokaal (OH2, 15 en 16) werden sterk verhoogde ammoniumconcentraties in de bodem gemeten van maar liefst 1574 tot 2834 µmol/l bodem. Op locatie OH2 is deze hoge ammoniumconcentratie mogelijk een gevolg van het branden van vorig jaar, na branden kan de stikstofflux in de bodem tijdelijk toenemen (Vogels et al., 2017). Ook op de andere locaties kunnen de verhoogde ammoniumconcentraties nog een gevolg zijn van beheerbranden in het recente verleden. De beschikbare fosfaatconcentraties in de bodem waren over het algemeen niet sterk verhoogd met concentraties onder de 800 µmol/l bodem Olsen-P. Een uitzondering vormde locatie OH9, 10 en 14 met een fosfaatrijke bodem en Olsen-P concentraties van 1336 tot maar liefst 3461 µmol/l bodem. Waarschijnlijk is de bodem op deze locaties fosfaatrijker omdat er met fosfaatgranaten geschoten wordt. Een wat hogere P-rijkdom is mogelijk positief voor het voorkomen van de zadelsprinkhaan, echter met dergelijk hoge concentraties is het risico op vergrassing groot (met name op locatie OH10 met een wat hogere NH_4-concentratie in de bodem).

Op locaties OH6, 10-12 en 15 gelegen in het populatiegebied van de zadelsprinkhaan is de bodem voldoende gebufferd en is bufferherstel dus niet nodig. Op locaties OH8, 13 en 14 daarentegen is de Ca-beschikbaarheid aan de lage kant en wordt geadviseerd om een kalkgift van dolokal (15% Mg) of kalk op te brengen (1 ton/ha), eventueel in combinatie met een kaliumrijk steenmeel (10 ton Soilfeed/ha). Op locatie OH14 wordt vanwege de hoge basenverzadiging alleen een steenmeelgift geadviseerd.

Voor locaties met een onvoldoende bodembuffering gelegen buiten het populatiegebied van de zadelsprinkhaan (OH1-3, 17, 19 en 20) wordt geadviseerd om een kalkgift van 1 ton/ha op te brengen, eventueel in combinatie met een kaliumrijk steenmeel (10 ton Soilfeed/ha). Op locaties OH4, 5, 7 en 18 kan vanwege de al hoge Ca-beschikbaarheid ook gedacht worden aan een steenmeelgift van 10 ton Soilfeed/ha.

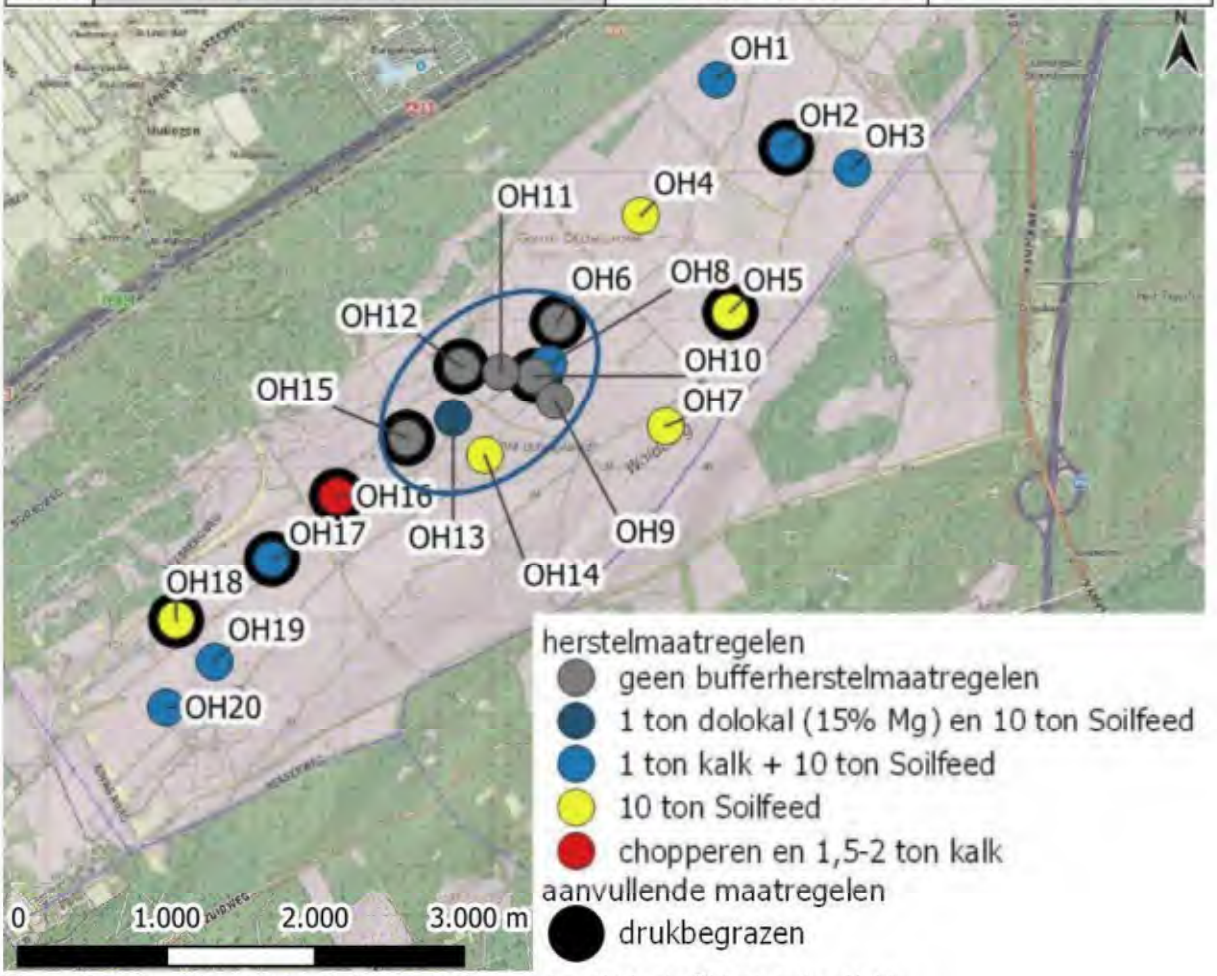
Op locatie OH15 en 16 wordt vanwege de zeer hoge NH_4-rijkdom, en als gevolg daarvan ook een indicatie van een scheve N/P-ratio, geadviseerd om te chopperen in combinatie met een kalkgift van 1,5-2 ton/ha. Na chopperen wordt geadviseerd om met drukbegrazing de dominantie van grassen te onderdrukken. Een andere optie is branden gevolgd door drukbegrazing. Voor locaties OH2, 5, 6, 10, 12 en 17-18 wordt geadviseerd om met aanvullende maatregelen als drukbegrazing of branden gevolgd door drukbegrazing (verdere) vergrassing te voorkomen, de (licht) verhoogde ammoniumconcentraties in de bodem te verlagen en de disbalans in N en P in de bodem te verminderen op locatie OH5 en 6.

Tabel 4.1a. Belangrijkste bodemchemische parameters in zoutextractie (0,2M NaCl) waarbij concentraties in µmol/l zijn gegeven, strontiumextractie met basenverzadiging (BV) in procenten en cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie (P-t) uit een destructie in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. DH= droge heide. Groen= binnen referentiewaarden voor kruidenrijke heide, geel = net buiten range voor kruidenrijke heide, rood = ver buiten range voor kruidenrijke heide. Referentiewaarden staan weergegeven in Tabel 1.1. Locaties met aanwezigheid zadelsprinkhaan zijn blauw gearceerd.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
OH1	DH	9,7	534	3,5	3,3	3066	2202	176	940	23	2,2	7	32	1,4	12,7	58,6	nee
OH2	DH	8,9	277	2,4	3,2	772	1455	553	1070	14	2,1	111	2763	0,5	23,1	35,8	ja
OH3	DH	2,8	452	1,4	3,4	369	932	274	704	3	2,8	2	13	0,4	15,2	14,7	nee
OH4	DH	11,9	496	2,5	3,4	942	1625	552	1125	24	3,4	7	193	0,6	20,0	34,6	nee
OH5	DH	8,1	311	1,5	3,3	579	2132	720	1680	63	1,9	21	371	0,3	27,0	34,4	ja
OH6	DH	5,5	584	4,7	4,0	1100	2065	423	856	339	1,3	406	540	0,5	16,8	29,4	ja
OH7	DH	11,2	573	4,2	3,5	1180	1546	295	634	121	1,7	18	151	0,8	19,4	27,0	nee
OH8	DH	5,7	373	2,7	3,8	816	667	325	1188	73	0,8	20	147	1,2	22,2	23,2	nee
OH9	DH	4,1	2147	12,6	4,3	40	917	202	4117	39	6,0	24	64	0,04	65,5	21,1	nee
OH10	DH	6,3	1336	8,1	3,9	222	1634	393	3608	89	6,5	105	277	0,1	54,4	29,2	nee
OH11	DH	2,3	346	1,5	3,7	174	1018	354	584	43	1,6	11	193	0,2	38,5	10,9	nee
OH12	DH	8,9	655	3,0	3,4	329	2632	258	1533	127	11,6	136	342	0,1	49,6	39,5	nee
OH13	DH	4,2	751	3,3	3,6	1045	432	477	192	91	2,9	169	121	2,4	11,2	16,2	nee
OH14	DH	1,4	3461	24,2	4,5	111	479	280	1033	30	7,6	8	32	0,2	48,1	10,7	nee
OH15	DH	13,4	724	4,5	3,3	1482	1663	583	1335	77	1,4	14	1574	0,9	21,5	45,7	ja
OH16	DH	10,9	550	2,9	3,6	1094	2290	604	1555	36	1,4	21	2834	0,5	20,9	40,6	ja
OH17	DH	4,9	433	2,4	3,4	1547	1355	273	522	115	1,3	182	425	1,1	14,9	33,5	nee
OH18	DH	12,0	538	3,3	3,0	1158	2056	714	1781	55	2,4	146	427	0,6	21,5	21,3	nee
OH19	DH	6,7	468	2,1	3,5	1311	1110	405	518	26	2,4	8	85	1,2	14,5	26,0	nee
OH20	DH	7,6	595	2,4	3,2	764	1053	746	1467	8	2,2	1	22	0,7	20,0	40,8	nee

Tabel 4.1b. Advies voor snel en geleidelijk herstel per locatie, dosering in ton/ha. Voorkeur advies op basis van expert judgement zijn grijs gearceerd.

Locatie	advies voor snel herstel	advies voor geleidelijk herstel	aanvullende maatregelen
OH1	1 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
OH2	1 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
OH3	1 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
OH4	0,5 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
OH5	0,5 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
OH6	-	-	drukbegrazen
OH7	0,5 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
OH8	1 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
OH9	-	-	-
OH10	-	-	drukbegrazen
OH11	-	-	-
OH12	-	-	drukbegrazen
OH13	1 ton dolokal (15% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
OH14	0,5 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
OH15	-	-	drukbegrazen
OH16	chopperen + 1,5-2 ton kalk	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
OH17	1 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
OH18	0,5 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
OH19	1 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
OH20	1 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-

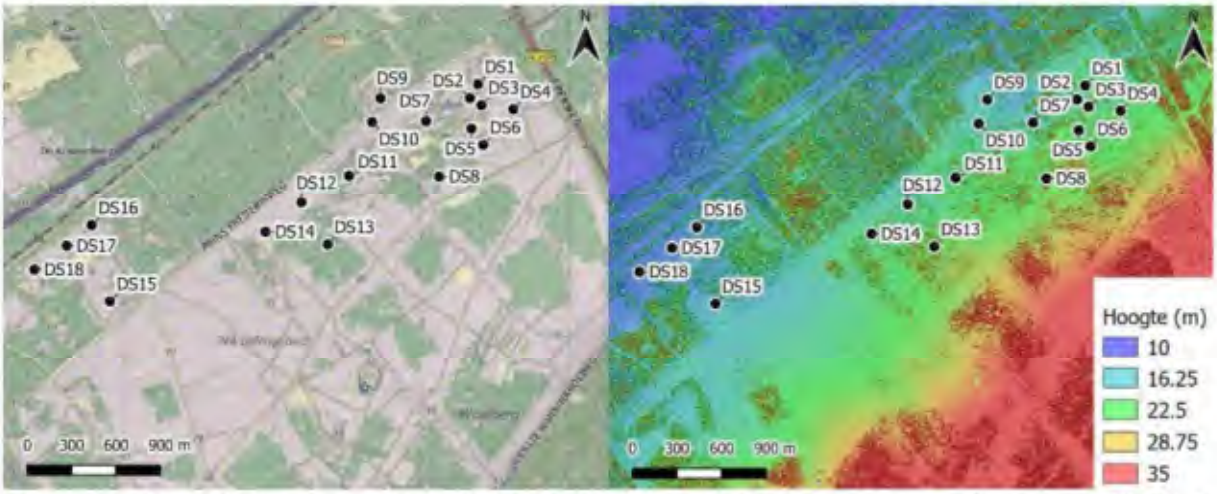


Figuur 4.9. Geadviseerde herstelmaatregelen per locatie in de Oldenbroekse Heide.

5. Doornspijkse Heide

5.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties

In het noordoosten van de Veluwe ligt de Doornspijkse Heide omsloten door wegen. Het gebied is sinds 1919 onderdeel van het Artillerie Schietkamp waar de Nederlandse krijgsmacht oefeningen uitvoert en het gebied is niet vrij toegankelijk. De Doornspijkse Heide is circa 1700 hectare groot en bevat voornamelijk droge heide, maar ook dennenbos en zandverstuivingen. De gehele zuidoostkant van het gebied bevindt zich op de noordelijkste stuwwal van het Veluwe stuwwallencomplex en qua hoogte loopt het noordwestelijk af naar een grondmorene (PDOK, 2020). De bodem bestaat hier dan ook voornamelijk uit grof zand met lokaal gebieden waar ook een fractie leem aanwezig is (voornamelijk in het noorden van het gebied in "De Zanden") (PDOK, 2020). De zadelsprinkhaan (*Ephippuger diurnus*) heeft twee populaties op de Doornspijkse Heide, een op de heide in het noordwesten tussen de dennenbossen en de tweede, en tevens grootste, ligt in en rondom het deelgebied "De Zanding". In totaal werden er 18 bodemmonsters genomen in de Doornspijkse Heide (Figuur 5.1). Alle bemonsterde plekken lagen binnen het populatiegebied van de zadelsprinkhaan.



Figuur 5.1. Overzicht van de monsterpunten in de Doornspijkse Heide op een topografische kaart (links) en hoogtekaart (rechts). Bron: PDOK.

De bodems waren onder te verdelen in drie verschillende types: vaaggronden, haar- en humuspodzolgronden. De vaaggronden waren niet duidelijk gelaagd en geheel bestaand uit zand (DS4, 6, 7, 11 en 16 tot en met 18) waarvan het bovenste stuk soms bestond uit lichtbruin zand (DS11) (Figuur 5.2). De podzolbodems (DS1, 3, 5 en 10) waren duidelijk ontwikkeld met een goed herkenbare in- en uitspoellaag (Figuur 5.3). Bij monsterpunt DS10 was het profiel meer gelaagd en gaf de indruk in het verleden eens overstoven te zijn (Figuur 5.3). De plekken die reeds bebost zijn of zo recent waren (DS8 en 12-15) kenden een meer organische bodem met een variabele organische laag (Figuur 5.4). Onder de organische laag bestond het moedermateriaal uit zand met bij monsterpunt DS13 ook een fractie leem en bij monsterpunt DS15 grind.

Figuur 5.2. Foto bodemguts bij monsterpunt DS2 waar onder de strooisellaag een vaaggrond aanwezig was.

Figuur 5.3. Bodem doorsnede bij monsterpunt DS10 waar een podzol aanwezig was.

Figuur 5.4. Bodem doorsnede bij monsterpunt DS13 waar de bodem een organische indruk gaf.

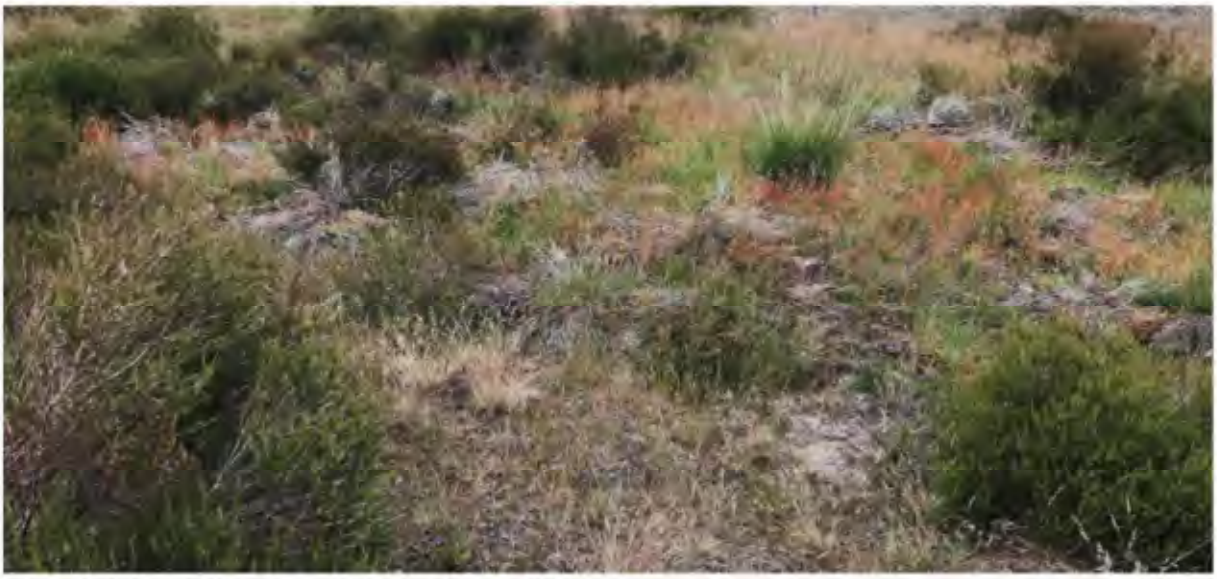
5.2 Vegetatiebeschrijving

De vegetatie tussen de monsterpunten was erg verschillend verdeeld over het volledige spectrum van pionier- tot climaxvegetatie. Bij monsterpunt DS17 was de bodem geplagd en vrijwel kaal (Figuur 5.5). Op de (voormalige) stuifduinen bij monsterpunten DS4, 7, 16 en 18 groeide veel Buntgras

(*Corynephorens canescens*), maar ook veel Grijs kronkelsteeltje (*Campylopus introflexus*) die de bodem vaak gesloten liet (Figuur 5.6). Verder groeide her en der nog Struikhei, Kraaihei (*Empetrum nigrum*), Zandzegge (*Carex arenaria*), Schapenzuring en Gewoon biggenkruid. Langs een pad lag monsterpunt (DS9) met een meer heischraal karakter waar Struikhei afgewisseld werd door diverse soorten gras en kruiden (Figuur 5.7). Hier groeide onder andere Buntgras, Pijpenstrootje, Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*), Struisgras (*Agrostis sp.*), Zandzegge, Gewoon biggenkruid, Zandblauwtje, Schapenzuring, Haarmos (*Polytrichum sp.*) en diverse korstmossen (*Cladonia sp.*). Monsterpunt DS8 leek hier enigszins op, maar was vooral grazig met jongen berken (Figuur 5.8). De meeste monsterpunten (DS1-3, 5, 6, 10 en 11) bestonden uit een structuurrijke vegetatie waar de basis bestond uit Struikhei, Jeneverbes (*Juniperus communis*), jonge Berk (*Betula sp.*) en dood hout. (Figuur 5.9) De moslaag bestond uit Heideklauwtjesmos (*Hypnum jutlandicum*), Gaffeltandmos (*Dicranum sp.*) en Haarmos of lokaal gedomineerd door Grijs kronkelsteeltje. Hier groeide ook Kraaihei, Schapenzuring, Gewoon biggenkruid, Liggend walstro, Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*), Lijsterbes (*Sorbus aucuparia*), Sporkehout (*Frangula alnus*), Rood zwenkgras (*Festuca rubra*), Pijpenstrootje, Buntgras, Zandzegge en Pilzegge. Bij monsterpunt DS14 en 15 kwam een typische heide begroeiing voor met Struikhei (oud en jong) die co-dominant was met Pijpenstrootje (Figuur 5.10). De moslaag bestond vrijwel geheel uit Heideklauwtjesmos en ook kwam Open rendiermos (*Cladonia portentosa*) en Pilzegge voor. Bij DS14 was echter meer open bodem aanwezig en ook veel zaailingen van de Grove den (*Pinus sylvestris*) (Figuur 5.11). Het bos bij monsterpunt DS12 leek te zijn gekapt voor heide ontwikkeling, maar was weer langzaam aan het verbossen met veel Berk, Grove den en open bodem. Bij monsterpunt DS13 was het bos echter nog intact en groeide Struikhei en Pijpenstrootje tussen volgroeide en jonge Grove dennen (Figuur 5.12).

Figuur 5.5. Geplagde vrijwel kale bodem bij monsterpunt DS17.

Figuur 5.6. Buntgrasvegetatie met Grijs kronkelsteeltje (Campylopus introflexus) op een voormalige stuifduin bij monsterpunt DS4.



Figuur 5.7. Vegetatie langs pad bij monsterpunt DS9.

Figuur 5.8. Grazige begroeiing met jonge Berk op de voorgrond bij monsterpunt DS8.

60246 0035

Figuur 5.9. Structuurrijke heide bij monsterpunt DS5.

Figuur 5.10. Typische heidebegroeiing bij monsterpunt DS15.

5.11 Recent gekapte bebossing met nu veel jonge berken bij monsterpunt DS12.

5.12. Heidebegroeiing tussen de volgroeide Grove dennen bij monsterpunt DS13.

5.3 Resultaten en advies

De onderzochte locaties in de Doornspijkse heide vielen allen binnen het populatiegebied van de zadelsprinkhaan. Op deze locaties vormt met name de lage basenverzadiging in de bodem een knelpunt voor het voorkomen van kenmerkende kruiden in de heide (Tabel 5.1). De Al/Ca-ratio was in tien van de achttien locaties voldoende laag met ratio's onder de 2,0 mol/mol, ondanks de relatief lage Ca-beschikbaarheid in de bodem. De ammoniumconcentraties waren over het algemeen voldoende laag voor de ontwikkeling van kruidenrijke heides (<200 µmol/l bodem). Lokaal werden sterk verhoogde ammoniumconcentraties in de bodem gemeten van 719 tot 1671 µmol/l bodem. De voor planten beschikbare fosfaatconcentratie (Olsen-P) in de bodem varieerde van 188 tot 681 µmol/l, waarbij op locatie DS8 een sterk verhoogde Olsen-P concentratie in de bodem werd gemeten van 1166 µmol/l bodem.

Op onvoldoende gebufferde locaties gelegen in heide (DS1, 3, 8, 10, 12-15) en stuifzandheide (DS2, 5, 6, 9 en 11) wordt geadviseerd om voor snel herstel van de bodem te kiezen, wegens het behoud van de zadelsprinkhaan in het gebied. Hiervoor wordt geadviseerd om kalkgift van 1 ton dolokal (laag

Mg 5%) of kalk/ha toe te dienen. Omdat de beschikbare kaliumconcentraties relatief laag zijn wordt geadviseerd om daarnaast een kaliumrijk steenmeel (10 ton Soilfeed/ha) op te brengen.

Op onvoldoende gebufferde locaties gelegen in stuifzandgrasland (DS4, 7, 16 en 18) wordt geadviseerd om het silicaatsteenmeel Soilfeed op te brengen naar Vogels et al. 2020, in een dosering van 10 ton/ha. Hiermee wordt de beschikbaarheid van o.a. calcium verhoogd en de basenverzadiging opgeladen. Een andere optie is een combinatie van 1 ton kalk of dolokal (laag Mg 5%) met 10 ton Soilfeed/ha.

Ook in de recent geplagde (winter 2019) locatie DS17 werd een zeer lage calciumbeschikbaarheid van 360 µmol/l bodem, hoge Al/Ca-ratio van 3,2 mol/mol en lage basenverzadiging van 6,8% gemeten. Met een concentratie van 111 µmol/l bodem was de ammoniumconcentratie in de bodem op het moment van monstername niet te hoog voor het voorkomen van kruiden. In de eerste jaren na plaggen van zure en verzuurde droge heide bestaat echter het risico op ammoniumpieken (o.a. De Graaf *et al.*, 1998b en Dorland *et al.*, 2003). Om de bodembuffering te vergroten en tevens een ammoniumpiek te voorkomen wordt geadviseerd om 1,5-2 ton dolokal/ha op te brengen.

In drie van de achttien locaties (DS5, 13 en 15) was de NH_4-concentratie in de bodem sterk verhoogd en op locatie DS13 en 15 ook hoog ten opzichte van de fosfaatconcentraties in de bodem. Dit kan een indicatie zijn voor een mogelijk scheve N/P-ratio in de vegetatie, daarnaast kunnen dergelijke hoge ammoniumconcentraties in de bodem toxisch zijn voor veel plantensoorten. Voor deze locaties is het belangrijk om de NH_4-concentraties te verlagen. Aanvullend verschralingsbeheer door chopperen kan dit knelpunt oplossen, en mogelijk stimuleert de kalkgift (1,5-2 ton dolokal/ha) de nitrificatie. Op locatie DS10 en 14 met een licht verhoogde ammoniumconcentratie in de bodem kan drukbegrazing of maaien en afvoeren een oplossing zijn om vergrassing te voorkomen.

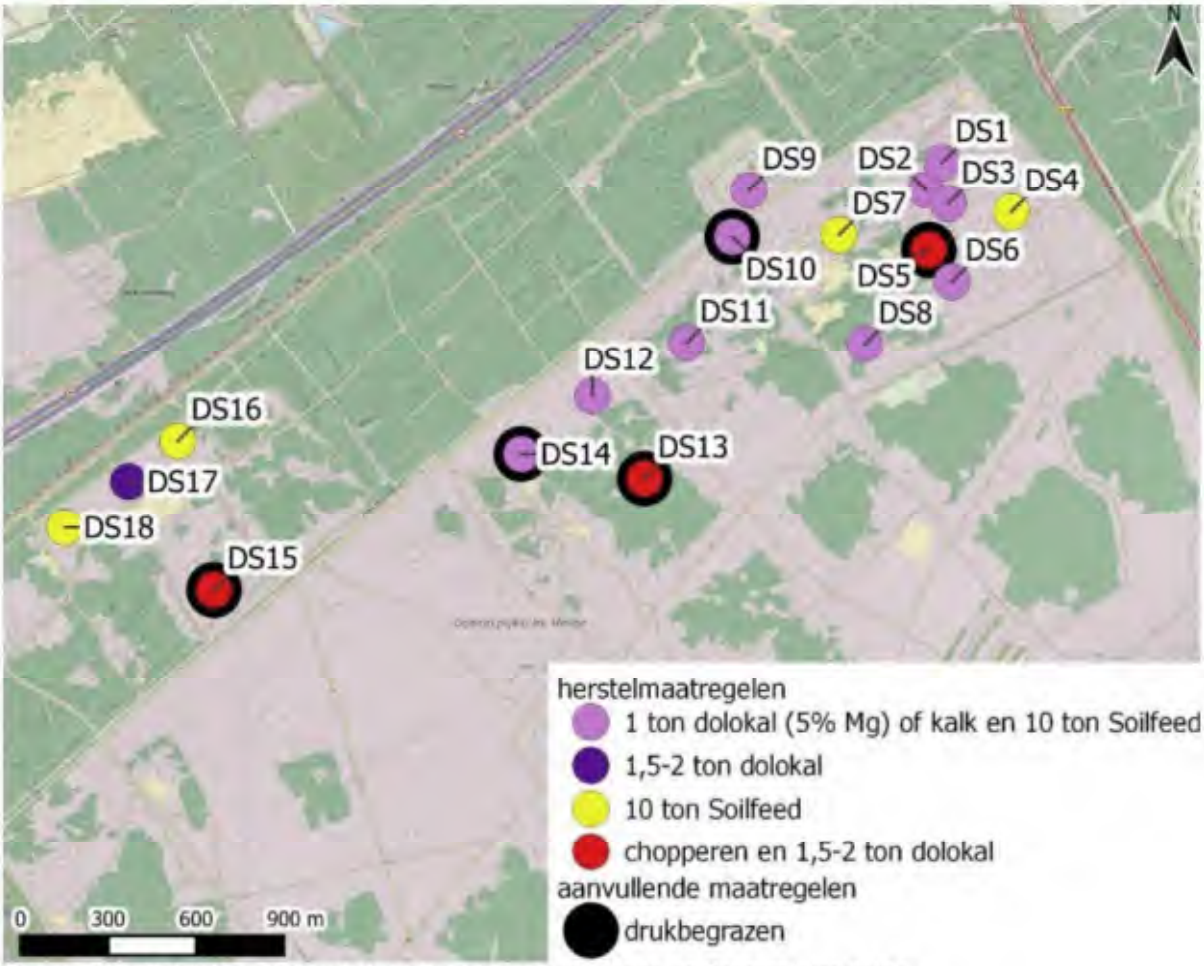
60246 0035

Tabel 5.1a. Belangrijkste bodemchemische parameters in zoutextractie (0,2M NaCl) waarbij concentraties in µmol/l zijn gegeven, strontiumextractie met basenverzadiging (BV) in procenten en cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie (P-t) uit een destructie in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. DH= droge heide, SH= stuifzandheide, SZ= stuifzandgrasland. Groen= binnen referentiewaarden voor kruidenrijke heide, geel = net buiten range voor kruidenrijke heide, rood = ver buiten range voor kruidenrijke heide. Referentiewaarden staan weergegeven in Tabel 1.1. Locaties met aanwezigheid zadelsprinkhaan zijn blauw gearceerd.

Locatie	type				Zoutextractie										Strontium	
		OS	Olsen-P	P-t	pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l
DS1	DH	7,5	467	1,8	3,1	1070	1276	170	653	25	8,4	26	149	0,8	12,4	35,1
DS2	SH	3,8	188	1,2	3,3	519	1249	210	857	29	4,6	13	71	0,4	24,3	15,2
DS3	DH	4,8	500	2,2	3,2	1288	971	209	465	16	7,3	32	120	1,3	13,0	25,9
DS4	SZ	1,3	231	1,1	4,0	438	587	314	308	22	1,7	30	118	0,7	17,0	5,9
DS5	SH	3,9	570	2,1	3,4	860	550	416	509	10	6,5	23	719	1,6	14,6	24,0
DS6	SH	1,9	357	1,5	3,5	730	219	238	126	6	2,2	15	30	3,3	10,5	12,0
DS7	SZ	1,3	227	1,1	3,9	571	169	191	86	6	1,1	21	36	3,4	10,5	7,9
DS8	DH	7,8	1166	5,4	3,0	1626	2047	251	835	96	15,4	46	131	0,8	12,3	34,1
DS9	SH	2,0	467	2,6	3,8	594	855	381	348	62	4,1	31	70	0,7	34,6	20,4
DS10	DH	6,0	442	2,6	3,6	1647	431	282	502	19	2,1	116	305	3,8	7,7	27,1
DS11	SH	1,4	260	1,6	3,8	1127	124	212	98	3	0,7	2	10	9,1	7,2	15,0
DS12	DH	11,9	388	1,5	2,8	903	517	253	535	5	3,1	2	125	1,7	13,8	30,4
DS13	DH	15,8	681	4,0	3,3	1372	1986	744	1893	120	7,5	218	966	0,7	16,1	37,7
DS14	DH	7,8	589	2,7	3,3	1461	630	274	688	12	5,8	141	287	2,3	13,3	24,9
DS15	DH	8,0	593	3,0	3,4	1353	1718	493	1584	4	1,6	5	1671	0,8	15,4	40,9
DS16	SZ	0,8	312	1,3	3,6	511	162	237	73	3	2,2	51	31	3,2	6,8	5,6
DS17	-	1,4	360	2,1	3,9	932	271	177	146	17	1,3	133	111	3,4	7,1	11,0
DS18	SZ	1,1	243	1,6	3,9	529	147	232	85	4	1,2	123	42	3,6	9,1	6,3

Tabel 5.1b. Advies voor snel en geleidelijk herstel per locatie, dosering in ton/ha. Voorkeur advies op basis van expert judgement zijn grijs gearceerd.

Locatie	advies voor snel herstel	advies voor geleidelijk herstel	aanvullende maatregelen
DS1	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DS2	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DS3	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DS4	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DS5	chopperen + 1,5-2 ton dolokal	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
DS6	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DS7	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DS8	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DS9	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DS10	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
DS11	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DS12	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DS13	chopperen + 1,5-2 ton dolokal	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
DS14	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
DS15	chopperen + 1,5-2 ton dolokal	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
DS16	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DS17	1,5-2 ton dolokal	-	-
DS18	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-

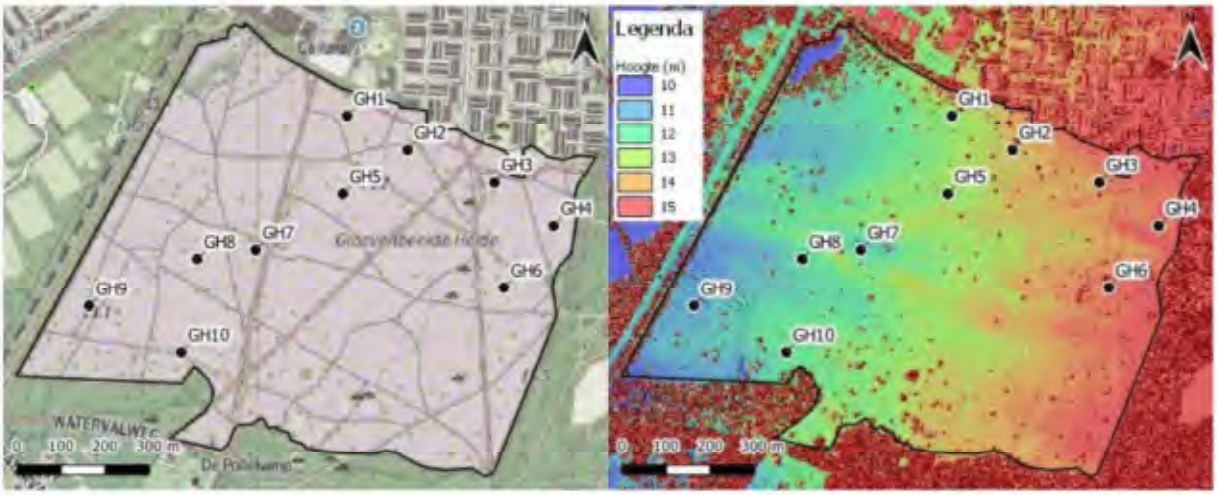


Figuur 5.13. Geadviseerde herstelmaatregelen per locatie in de Doornspijkse heide.

6. Groevenbeekse Heide

6.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties

De Groevenbeekse Heide ligt ten zuiden van Ermelo direct aan de bebouwde kom en kent, net als de Ermelosche Heide, een oude cultuurhistorie met grafheuvels verspreid over het gebied. Op de grafheuvels na is het verder een vrij reliëf-arm gebied dat van oost naar west gradueel afloopt met een hoogteverschil van circa vijf meter. Het gebied is eigendom van gemeente Ermelo en omvat ongeveer 100 hectare met heide en diverse vennetjes waar honden jaarrond mogen loslopen. Geomorfologisch bevindt de Groevenbeekse Heide zich op het dekzand ten westen van het Veluwe stuwwallencomplex bestaande uit holtpodzolgronden met grof zand die ook zwak lemig kunnen zijn in het midden van de Groevenbeekse Heide (PDOK, 2020). Historisch heeft de Zadelsprinkhaan in dit gebied een redelijke populatie gehad, maar deze is hier sinds 2010 niet meer gezien of gehoord (Felix *et al.*, 2019). In de Groevenbeekse Heide werden tien bodemmonsters genomen (Figuur 6.1). Op GH4 na werd op alle locaties een dikke organische laag aangetroffen tussen 15 en 30 cm waarna het overging naar oranje zand. Als er een uitspoellaag aanwezig was, was deze slechts een paar centimeter dik. Monsterpunt GH4 lag in een kuil die circa 1 meter lager lag dan de omringende bodem. Deze bestond dan ook geheel uit, wat leek, moedermateriaal zonder enige gelaagdheid (Figuur 6.2).



Figuur 6.1. Overzicht van de monsterpunten in de Groevenbeekse Heide op een topografische kaart (links) en hoogtekaart (rechts). Bron: PDOK.

6.2 Vegetatiebeschrijving

De vegetatie was bij monsterpunt GH1-3 en GH5-10 vergelijkbaar met op de bodem een moslaag en Struikhei gemengd met Pijpenstrootje. Het mos bestond hier uit voornamelijk Heideklauwtjesmos, maar ook Grijs kronkelsteeltje en Haarmos die zelden bodem blootgesteld lieten. Bij deze monsterpunten werden incidenteel ook nog Stekelbrem, Brem, Braam (*Rubus sp.*), Buntgras, Hulst (*Ilex aquifolium*), Berk en Grove den aangetroffen. Net als bij de bodem was GH4 ook een uitzondering qua vegetatie. In plaats van mos was de bodem vaak open en groeide hier Stuikhei en enkele individuen Gewoon biggenkruid.

Figuur 6.2. Foto bodemguts (links) en indruk van de vegetatie van de Groevenbeekse heide (rechts).

6.3 Resulaten en advies

Vergeleken met kruidenrijke heides waren met name de basenverzadiging en beschikbaarheid van calcium aan de lage kant in de Groevenbeekse Heide. De Al/Ca-ratio en bodem-pH vielen redelijk binnen de ranges gemeten in kruidenrijke heides (Tabel 6.1). Ook ammonium vormde geen knelpunt in dit gebied, hoewel de concentraties op locatie GH7 en 8 wel iets verhoogd waren. Op deze locaties kan drukbegrazing een oplossing zijn om vergrassing te voorkomen. De beschikbare fosfaatconcentraties in de bodem varieerden van 381 tot 898 µmol/l bodem Olsen-P en waren daarmee matig hoog voor droge heide.

Op onvoldoende gebufferde locaties in droge heide (GH1, 2 en 5-8 en 10) en stuifzandheide (GH4) wordt geadviseerd om de basenverzadiging en Ca-beschikbaarheid te verhogen door een steenmeelgift van 10 ton Soilfeed/ha op te brengen. Voor snel herstel van de bodembuffering wordt geadviseerd om een combinatie met 1 ton kalk per ha toe te dienen. Op locatie GH9 is de bodem voldoende gebufferd en is bufferherstel niet nodig.

Een uitzondering vormde locatie GH3 met een hoge calciumbeschikbaarheid van 4678 µmol/l, hoge basenverzadiging van 42,7% en lage Al/Ca-ratio van 0,1 mol/mol. De hoge beschikbare magnesiumconcentratie in de bodem doet vermoeden dat deze locatie bekalkt is in het verleden. Op deze locatie werden geen knelpunten gevonden voor het voorkomen van kruiden in de heide.

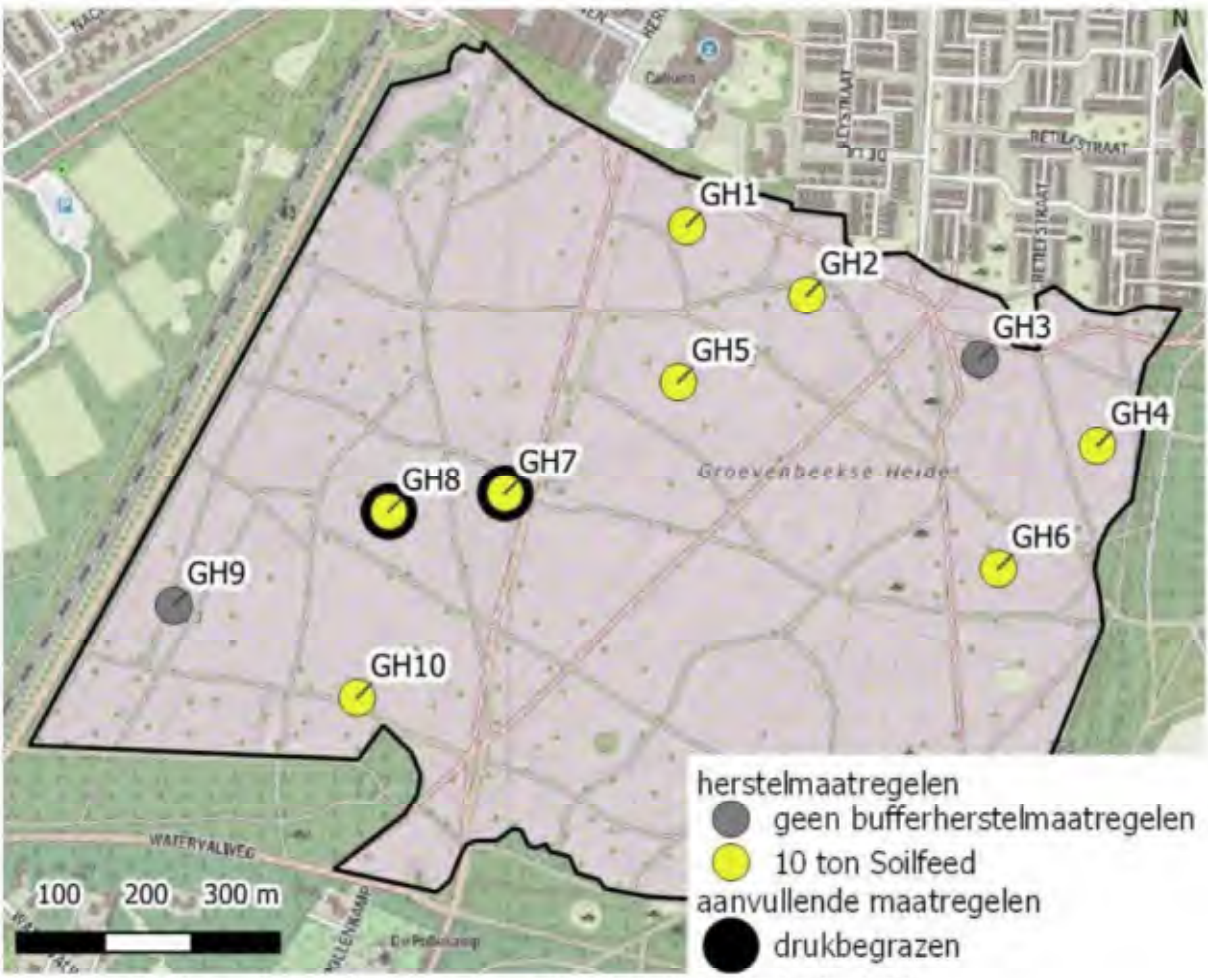
Tijdens bemonstering bleek op bijna alle locaties (uitgezonderd GH4) een dicht gesloten moslaag aanwezig te zijn, mogelijk draagt het lokaal open schrapen van de zode ook bij aan betere standplaatseisen voor de zadelsprinkhaan.

Tabel 6.1a. Belangrijkste bodemchemische parameters in zoutextractie (0,2M NaCl) waarbij concentraties in µmol/l zijn gegeven, strontiumextractie met basenverzadiging (BV) in procenten en cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie (P-t) uit een destructie in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. DH= droge heide, SH= stuifzandheide. Groen= binnen referentiewaarden voor kruidenrijke heide, geel = net buiten range voor kruidenrijke heide, rood = ver buiten range voor kruidenrijke heide. Referentiewaarden staan weergegeven in Tabel 1.1. Locaties met aanwezigheid zadelsprinkhaan zijn blauw gearceerd.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
GH1	DH	10,3	464	2,6	3,8	1522	1704	445	992	21	0,7	13	99	0,9	18,6	28,6	nee
GH2	DH	7,3	601	4,1	3,6	1805	540	458	377	7	1,0	13	9	3,3	14,6	27,4	nee
GH3	DH	10,5	898	3,8	3,7	523	4678	341	2549	46	1,7	85	185	0,1	42,7	38,6	nee
GH4	SH	2,2	381	2,8	3,9	922	387	325	140	12	0,8	58	51	2,4	19,5	15,4	nee
GH5	DH	8,8	539	2,5	3,2	2107	546	266	430	7	0,7	15	94	3,9	13,1	32,2	nee
GH6	DH	7,5	665	3,2	3,3	2304	1489	293	797	52	2,5	94	115	1,5	15,3	36,7	nee
GH7	DH	7,1	673	2,3	3,2	1496	756	344	572	17	1,1	14	382	2,0	18,6	27,2	nee
GH8	DH	8,9	770	2,9	3,5	2116	1102	220	476	53	0,9	207	223	1,9	17,0	35,9	nee
GH9	DH	8,0	635	3,3	3,4	2060	2557	347	859	55	1,5	109	173	0,8	31,6	53,5	nee
GH10	DH	7,7	771	3,3	3,8	1945	869	564	499	48	0,6	12	124	2,2	14,6	28,9	nee

Tabel 6.1b. Advies voor snel en geleidelijk herstel per locatie, dosering in ton/ha. Voorkeur advies op basis van expert judgement zijn grijs gearceerd.

Locatie	advies voor snel herstel	advies voor geleidelijk herstel	aanvullende maatregelen
GH1	1 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
GH2	1 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
GH3	-	-	-
GH4	1 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
GH5	1 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
GH6	1 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
GH7	1 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
GH8	1 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
GH9	-	-	-
GH10	1 ton kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-



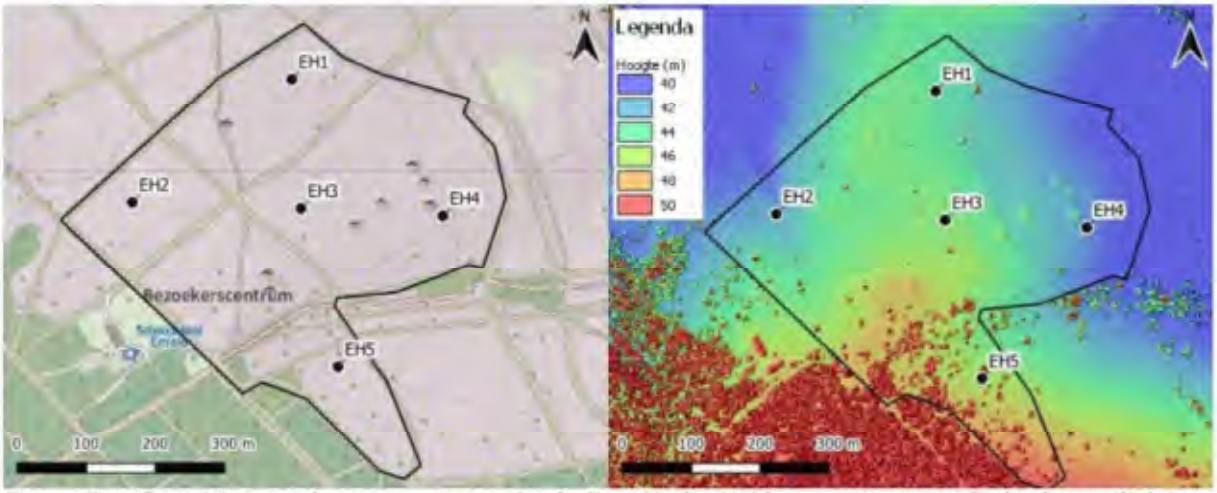
Figuur 6.3. Geadviseerde herstelmaatregelen per locatie in de Groevenbeekse heide.

7. Ermelosche Heide

7.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties

Gelegen tussen Staverden en Ermelo op het stuwwallencomplex de Veluwe ligt de Ermelosche Heide, een droge heide van ongeveer 380 hectaren groot in eigendom van de gemeente Ermelo. Het gebied wordt in stand gehouden door begrazing van schapen die Stichting Schapedrift in beheer heeft. Cultuurhistorisch herbergt de Ermelosche Heide vele grafheuvels daterend uit het Neolithicum en sporen van een uitvalsbasis van de Romeinen. Voor 2003 was dit een van de gebieden waar de Zadelsprinkhaan nog een (kleine) populatie had, maar deze is nu verdwenen. In de Ermelosche Heide werden op vijf locaties bodemmonsters verzameld die vervolgens zijn geanalyseerd.

Geomorfologisch lagen alle monsterpunten, behalve EH2, op de flauwe langgerekte helling van een stuwwal (Figuur 7.1). Monsterpunt EH2 was gelegen in een ondiep droogdal dat van zuid naar noord door de Ermelosche Heide loopt. De bodem had vaak geen duidelijke gelaagdheid en bevatte soms een grindfractie, maar bestond voornamelijk uit zand (Figuur 7.1). Bij monsterpunt EH3 was aan het oppervlak ook grind aanwezig.



Figuur 7.1. Overzicht van de monsterpunten in de Ermelosche Heide op een topografische kaart (links) en hoogtekaart (rechts). Bron: PDOK.

7.2 Vegetatiebeschrijving

Vegetatief kenmerkte de Ermelosche Heide zich door een afwisseling van zeer korte vegetatie, bestaande uit Pilzegge, Schapenzuring en Heideklauwtjesmos tot hogere Struikhei structuren (Figuur 7.2). Uitzondering op dit beeld was monsterpunt EH4 waar lokaal Pijpenstrootje domineerde en EH2 waar ook open bodem was door de aanwezigheid van een konijnenburcht (Figuur 7.3). Daarnaast werd Haarmos en Rendiermos aangetroffen en groeide Zomereik (*Quercus robur*) dichtbij monsterpunt EH5. De lage soortenrijkdom van planten kwam overeen met een typische, soortenarme, droge heide.

Figuur 7.2. Foto van de bodemguts met veel voorkomende bodem van de Ermelosche Heide (linksboven), een indruk van de zeer korte vegetatie (rechtsboven) en de afwisseling tussen zeer lage en hogere vegetatie structuren (onder).

Figuur 7.3. Konijnenburcht en open bodem bij monsterpunt EH2.

7.3 Resultaten en advies

In de Ermelosche heide is geen zadelsprinkhaanpopulatie aanwezig en werd als belangrijkste knelpunt in de bodem een (lichte) overmaat aan ammonium geconstateerd (Tabel 7.1). De Al/Ca-ratio was over het algemeen voldoende laag, met uitzondering van locatie EH1 en 5. De beschikbare calciumconcentratie en basenverzadiging waren aan de lage kant voor het voorkomen van kruiden in de heide (Tabel 1.1). Op locatie EH1, 2, 4 en 5 in droge heide wordt daarom geadviseerd de calciumbeschikbaarheid te verhogen en het complex op te laden door 10 ton Soilfeed/ha op te brengen. Op locatie EH1 en EH5 kan vanwege de wat hogere Al/Ca-ratio in de bodem eventueel ook een combinatie van 10 ton Soilfeed/ha met 1 ton dolokal (5% Mg) of kalk toegediend worden. Door het verhogen van de bodembuffering wordt de nitrificatie mogelijk ook gestimuleerd.

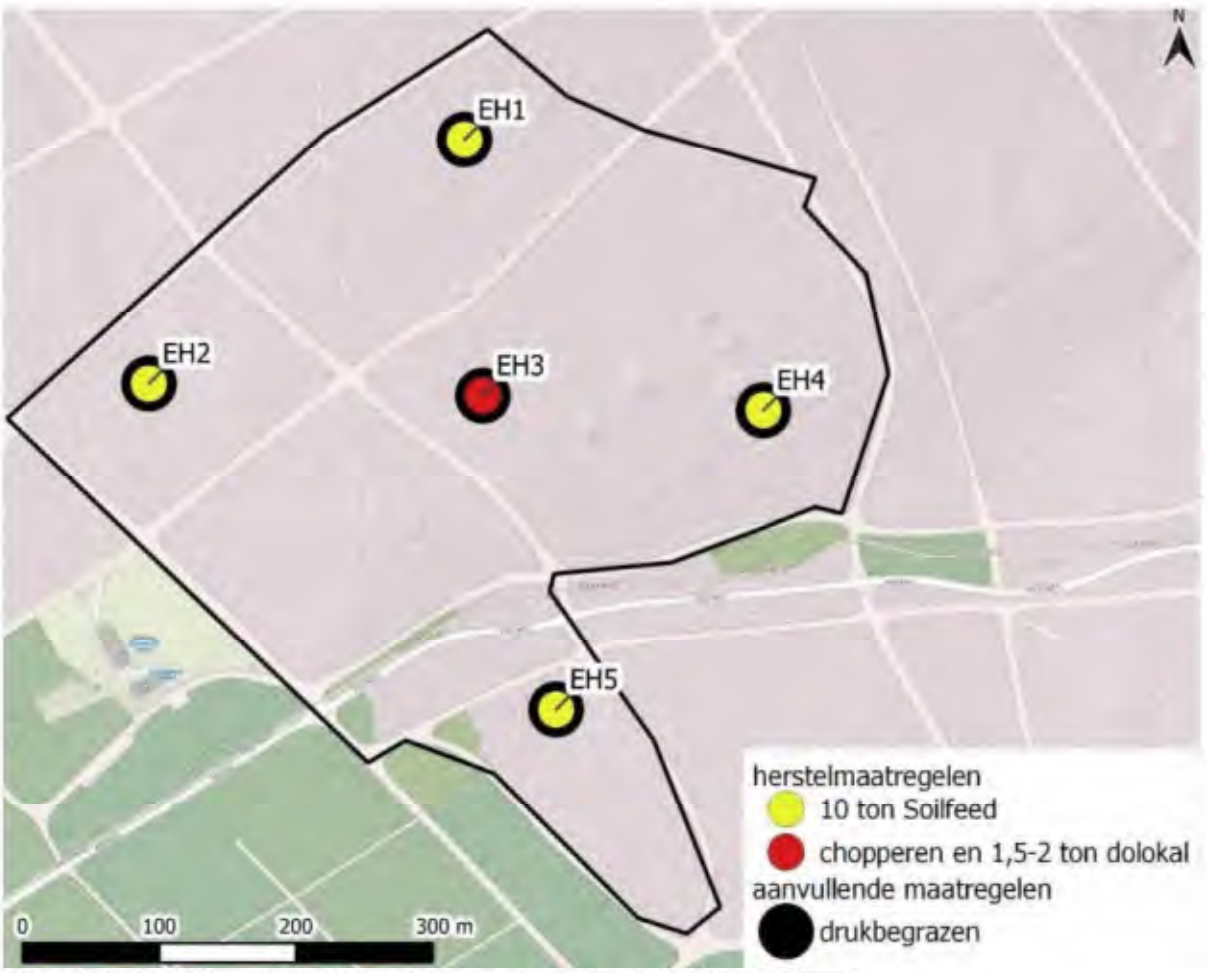
Op alle vijf onderzochte locaties werd een verhoogde ammoniumconcentratie in de bodem gemeten van 215 µmol/l tot 835 µmol/l bodem op locatie EH3. De beschikbare fosfaatconcentraties in de bodem varieerden van 489 tot 835 µmol/l bodem Olsen-P en waren daarmee hoog voor droge heide. In combinatie met hoge stikstofconcentraties in de bodem is het risico op vergrassing groot. Op locatie EH3 resulteerde de hoge NH_4-concentratie en relatief lage P-beschikbaarheid tot een indicatie voor een scheve N/P-ratio in de vegetatie. Op deze locatie kan de verhoogde NH_4-concentratie sterk verlaagd worden door aanvullend verschralingsbeheer van chopperen met aanvullende bekalking van 1,5-2 ton dolokal/ha om een ammoniumpiek te voorkomen, eventueel gevolgd door een steenmeelgift van 10 ton Soilfeed/ha. Op de andere vier locaties wordt geadviseerd om met drukbegrazen vergrassing te voorkomen.

Tabel 7.1a. Belangrijkste bodemchemische parameters in zoutextractie (0,2M NaCl) waarbij concentraties in µmol/l zijn gegeven, strontiumextractie met basenverzadiging (BV) in procenten en cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie (P-t) uit een destructie in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. DH= droge heide. Groen= binnen referentiewaarden voor kruidenrijke heide, geel = net buiten range voor kruidenrijke heide, rood = ver buiten range voor kruidenrijke heide. Referentiewaarden staan weergegeven in Tabel 1.1. Locaties met aanwezigheid zadelsprinkhaan zijn blauw gearceerd.

Loc	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
EH1	DH	5,7	801	4,0	3,7	1786	396	387	212	40	2,6	388	215	4,5	11,1	23,4	nee
EH2	DH	9,1	829	3,0	3,5	1504	1285	526	772	130	2,7	99	488	1,2	17,5	30,5	nee
EH3	DH	4,1	498	2,8	3,1	1289	2196	444	1151	90	3,3	176	835	0,6	26,1	27,8	ja
EH4	DH	10,0	835	2,5	3,1	1942	1370	318	590	36	2,5	127	385	1,4	19,2	32,9	nee
EH5	DH	14,5	754	3,6	3,3	2290	1074	408	857	64	1,4	30	252	2,1	12,6	36,4	nee

Tabel 7.1b. Advies voor snel en geleidelijk herstel per locatie, dosering in ton/ha. Voorkeur advies op basis van expert judgement zijn grijs gearceerd.

Locatie	advies voor snel herstel	advies voor geleidelijk herstel	aanvullende maatregelen
EH1	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
EH2	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
EH3	chopperen + 1,5-2 ton dolokal	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
EH4	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
EH5	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen



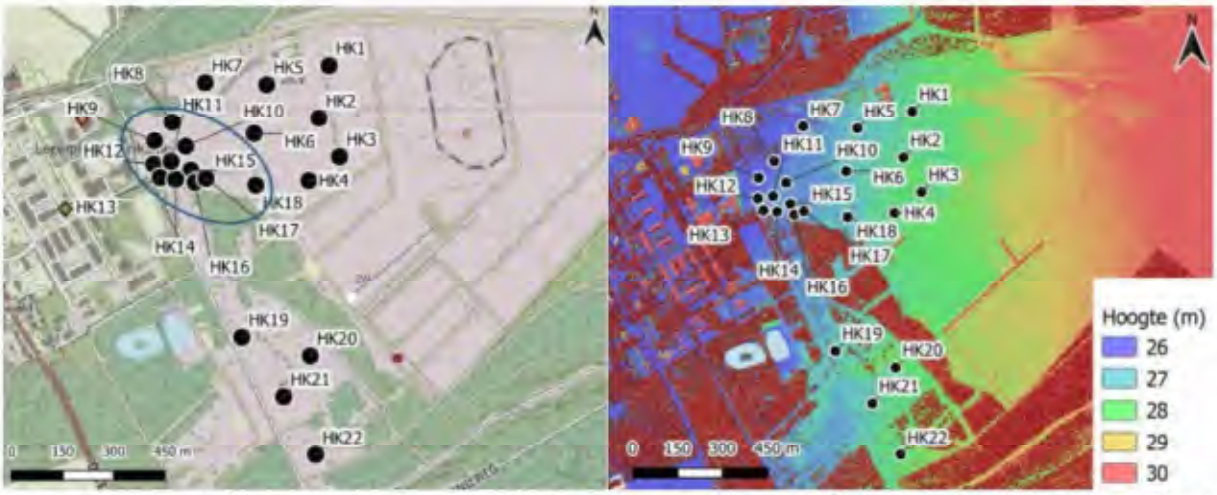
Figuur 7.4. Geadviseerde herstelmaatregelen per locatie in de Ermelose heide.

8. Harskamp

8.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties

Het militair oefenterrein Harskamp (Infanterie Schietkamp Harskamp) ligt ten oosten van het dorp Harskamp onder het Kootwijkerzand. Het is een gebied van meer dan 2500 hectare met voornamelijk bos, maar geconcentreerd op plekken ook heide en centraal een stuifzandgebied. Harskamp is al sinds 1899 actief in gebruik door de Nederlandse krijgsmacht voor oefeningen. Het gebied ligt in het glaciaalbekken van de gletsjer die hier in de voorlaatste ijstijd lag (PDOK, 2020). Tot op heden komt de zadelsprinkhaan voor in het gebied, maar de populatie is klein en beperkt tot het westelijk deel van de "Zuiderheide" (Felix et al., 2019). Locatie HK8 tot en met HK18 werden bemonsterd in het populatiegebied van de zadelsprinkhaan.

In totaal werden er 22 bodemmonsters genomen in het gebied. De bodems waren donker en organisch (HK10, 13-17 en 20) of het waren bodems met licht zand met daarop een organische laag variërend in dikte (Figuur 8.1). Bij monsterpunt HK4 en HK22 was ook donkerrood zand aanwezig (Figuur 8.2 en 8.3).



Figuur 8.1. Overzicht van de monsterpunten in Harskamp op een topografische kaart (links) en hoogtekaart (rechts). Monsterpunten gelegen in het populatiegebied van de zadelsprinkhaan zijn blauw omcirkeld. Bron: PDOK.

Figuur 8.2. Foto bodemguts met donkere organische bodem bij monsterpunt HK14 (boven) en bodemguts met voornamelijk lichter zand met daarop een dunne laag organische bodem bij monsterpunt HK8 (onder).

Figuur 8.3. Foto bodemguts bij monsterpunt HK4 met donkerrood zand.

8.2 Vegetatiebeschrijving

Soortenrijke heide was het meest aanwezig in Harskamp en kwam voor bij monsterpunten HK1, 2, 5, 10 en 19-22. Hier was Struikhei vaak dominant (Figuur 8.4), maar soms ook co-dominant met Pijpenstrootje (Figuur 8.5). Tussen het Struikhei en Pijpenstrootje werd vaak Braam, Liggend walstro en diverse gras- en zeggesoorten als Buntgras en Pilzegge aangetroffen. Monsterpunt HK5 en 21 (geplagde locatie) waren een uitzondering op dit beeld, omdat hier ook open bodem aanwezig was (Figuur 8.6). In mindere mate is bij deze plekken ook aangetroffen: Liggend walstro, Schapenzuring en Amerikaanse vogelkers, Stekelbrem en Borstelgras (*Nardus stricta*). De monsterpunten HK8 en 13-17 werden gekenmerkt door dominantie van Pijpenstrootje (Figuur 8.7). Bij monsterpunt HK16 was deze iets open op de plek van monstername en bij HK8 meer kruidenrijk dan Pijpenstrootje gedomineerd. Tussen de pollen Pijpenstrootje groeide echter vaak Tormentil, Liggend walstro en Schapenzuring. Ook werd er Struikhei, Dophei, Hondsviooltje (*Viola canina*), Sint-janskruid (*Hypericum perforatum*), Braam, Jeneverbes, Borstelgras en Pilzegge aangetroffen. Monsterpunt HK7 was gelegen op een kapvlakte waar de bodem wel bedekt was met vegetatie, maar niet hoog in soorten was. Hier kwam voornamelijk Bochtige smele en Pijpenstrootje voor (Figuur 8.8).

Figuur 8.4. Soortenrijke heide bij monsterpunt HK2.

Figuur 8.5. Struikhei co-dominant met Pijpenstro bij monsterpunt HK19.

Figuur 8.6. Heide begroeiing met daartussen open bodem bij monsterpunt HK21.

Figuur 8.7. Pijpenstro begroeiing bij monsterpunt HK16.

Figuur 8.8. Kapvlakte met soortenarme begroeiing bij monsterpunt HK7.

8.3 Resultaten en advies

In de Harskamp viel de Al/Ca-ratio voor bijna alle locaties binnen de range voor het voorkomen van kruiden in de heide, met name op locaties waar de zadelsprinkhaan nog voorkomt (HK8 tot en met 18). Ook de bodem-pH was redelijk met waarden boven de 3,0 pH-eenheden (Tabel 8.1). De basenverzadiging in de bodem was (zeer) laag en op de helft van de locaties was ook de Ca-beschikbaarheid in de bodem ver onder de range gemeten in kruidenrijke heides (Tabel 1.1).

De ammoniumconcentratie was over het algemeen laag en vormt geen (groot) knelpunt in dit gebied. Een uitzondering waren HK19 en 20 met zeer hoge NH_4-concentraties van 1054 en 1592 µmol/l bodem. De beschikbare fosfaatconcentraties in de bodem varieerden van 129 tot 658 µmol/l bodem Olsen-P. Op locatie HK2 was de Olsen-P concentratie in de bodem laag met 129 µmol/l bodem. Dergelijke lage P-concentraties zijn mogelijk ongunstig voor het voorkomen van de zadelsprinkhaan, met name als de stikstofconcentraties in de bodem hoger zijn en de N/P-ratio in de vegetatie mogelijk scheef is. Voor deze locatie wordt daarom geadviseerd om naast bufferherstelmaatregelen ook een lichte fosfaatgift toe te dienen of een P-rijk steenmeel als Eifelgold (10 ton/ha).

Tabel 8.1a. Belangrijkste bodemchemische parameters in zoutextractie (0,2M NaCl) waarbij concentraties in µmol/l zijn gegeven, strontiumextractie met basenverzadiging (BV) in procenten en cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie (P-t) uit een destructie in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. DH= droge heide. Groen= binnen referentiewaarden voor kruidenrijke heide, geel = net buiten range voor kruidenrijke heide, rood = ver buiten range voor kruidenrijke heide. Referentiewaarden staan weergegeven in Tabel 1.1. Locaties met aanwezigheid zadelsprinkhaan zijn blauw gearceerd.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
HK1	DH	5,2	314	3,1	3,7	1057	416	272	191	11	0,4	89	411	2,4	9,0	16,3	nee
HK2	DH	4,2	129	3,2	3,8	1138	904	280	333	23	1,6	130	98	1,3	14,5	19,1	ja
HK3	DH	6,5	454	4,1	3,6	1918	789	238	265	8	0,7	51	260	2,4	6,6	30,3	nee
HK4	DH	7,1	641	4,2	3,6	1718	646	206	251	16	2,1	81	88	2,7	3,7	21,7	nee
HK5	DH	4,8	407	2,6	3,4	1709	701	159	191	13	1,6	76	71	2,4	7,0	25,4	nee
HK6	DH	6,0	412	2,9	3,8	1485	733	269	303	14	1,6	61	123	2,0	10,1	28,2	nee
HK7	DH	7,7	506	2,4	3,4	2244	1280	205	543	34	2,7	304	154	1,8	7,8	33,7	nee
HK8	DH	7,3	429	7,3	4,0	920	1921	449	484	28	1,3	52	100	0,5	29,5	25,2	nee
HK9	DH	6,7	357	2,6	3,7	1339	1158	330	378	24	1,0	191	196	1,2	13,9	24,8	nee
HK10	DH	11,7	576	3,5	3,3	2163	1100	317	405	22	2,5	55	153	2,0	13,2	39,1	nee
HK11	DH	7,8	444	2,6	3,3	1730	993	335	518	8	0,8	3	285	1,7	14,7	39,6	nee
HK12	DH	6,8	384	3,7	3,8	844	3188	304	446	22	0,4	81	209	0,3	32,4	34,7	nee
HK13	DH	5,2	466	2,8	3,8	1135	2831	292	417	82	1,7	40	159	0,4	24,6	37,4	nee
HK14	DH	6,5	539	2,7	3,4	1346	2028	237	553	46	4,2	24	147	0,7	17,3	33,6	nee
HK15	DH	11,6	663	3,6	3,1	1913	1679	218	436	36	6,7	200	477	1,1	15,8	43,0	nee
HK16	DH	7,5	536	2,9	3,5	1412	2128	279	659	71	3,6	102	368	0,7	25,8	36,9	nee
HK17	DH	9,1	618	3,6	3,3	1643	1308	210	259	28	2,0	134	135	1,3	14,3	32,6	nee
HK18	DH	5,5	426	3,1	3,8	1429	1124	313	485	46	1,4	291	161	1,3	15,1	26,6	nee
HK19	DH	8,2	384	2,8	3,5	1238	1591	493	818	30	1,3	69	1054	0,8	21,5	32,7	ja
HK20	DH	6,7	603	3,4	3,7	1347	935	918	1173	48	2,3	206	1592	1,4	19,5	44,6	ja
HK21	DH	2,4	305	2,4	4,1	654	89	217	33	5	0,9	69	20	7,3	1,6	11,9	nee
HK22	DH	7,3	658	4,6	3,4	1807	494	169	282	12	2,9	100	166	3,7	9,3	29,5	nee

Op het merendeel van de locaties gelegen in het populatiegebied van de zadelsprinkhaan (HK8-18) was de bodem redelijk tot voldoende gebufferd voor het voorkomen van kruiden in de heide en zijn geen bufferherstelmaatregelen nodig. Op locaties HK 9-11, 17 en 18 wordt geadviseerd om de basenverzadiging en Ca-beschikbaarheid te verhogen door een kalkgift van 1 ton/ha dolokal (5% Mg) of kalk op te brengen, eventueel in combinatie met een kaliumrijk steenmeel (10 ton Soilfeed/ha). De monsterpunten HK8 en 13-17 werden gekenmerkt door dominantie van Pijpenstrootje. Voor deze locaties wordt geadviseerd om aanvullend met drukbegrazen of maaien en afvoeren de dominantie van Pijpenstrootje terug te dringen.

Op onvoldoende gebufferde locaties in droge heide buiten het populatiegebied van de zadelsprinkhaan (HK1, 3-7 en 22) wordt ook geadviseerd om de basenverzadiging en Ca-beschikbaarheid te verhogen door een kalkgift van 1 ton/ha dolokal (5% Mg) of kalk op te brengen, eventueel in combinatie met een kaliumrijk steenmeel (10 ton Soilfeed/ha).

Locatie HK21 was geplagd en in de bodem werd een laag organisch stof percentage van 2,4% en lage CEC van 11,9 meq/l gemeten. De beschikbare calciumconcentratie in de bodem was zeer laag met 89 µmol/l bodem, evenals de basenverzadiging met 1,6%. Voor deze locatie wordt geadviseerd om te

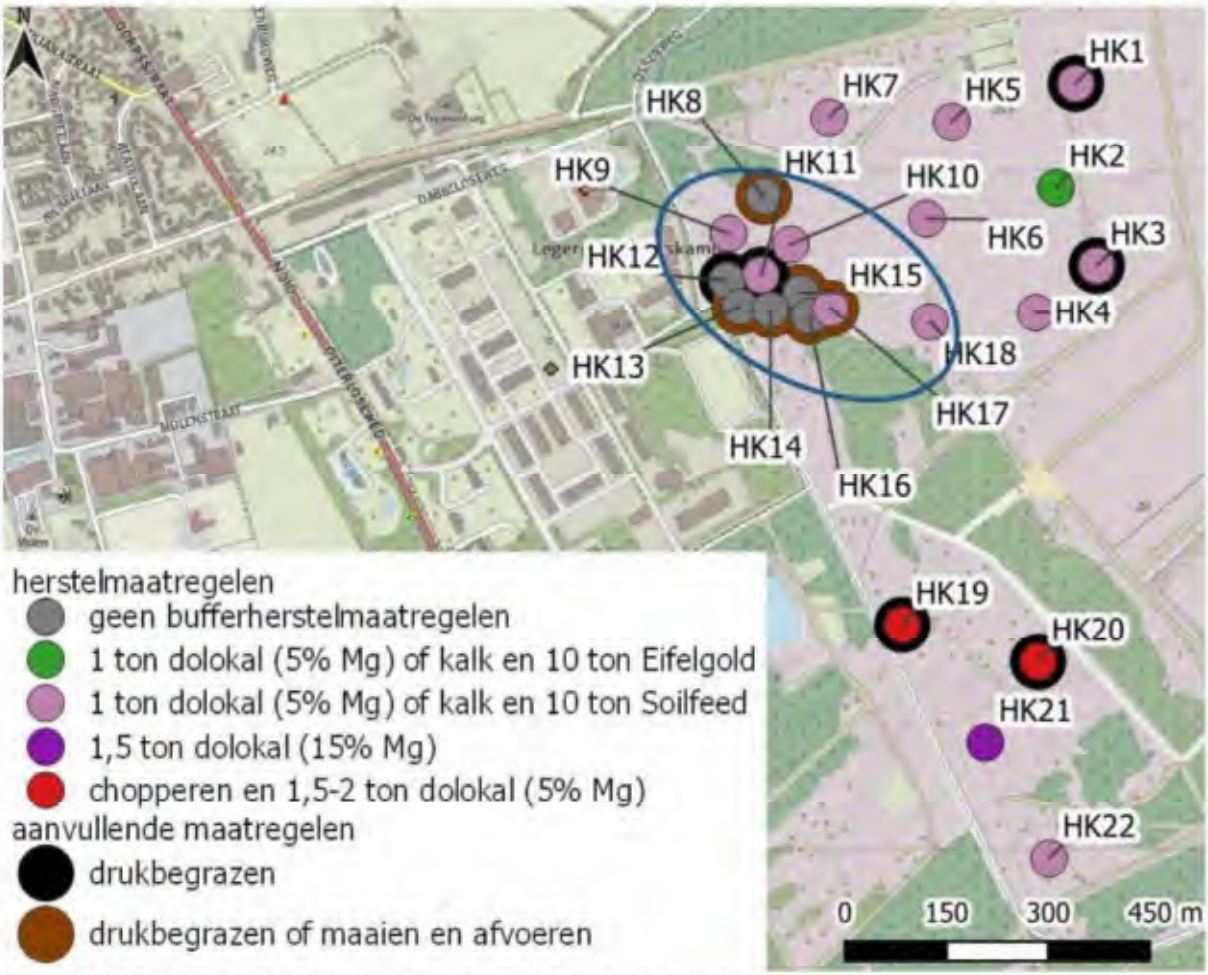
60246 0035

bekalken met 1,5 ton dolokal (15% Mg)/ha om de Ca- en Mg-beschikbaarheid te verhogen, het complex op te laden en het risico op een ammoniumpiek te verlagen.

Op locatie HK1, 3, 11 en 12 wordt aanvullend geadviseerd om met drukbegrazing vergrassing te voorkomen en de licht verhoogde ammoniumconcentraties in de bodem te verlagen. Op locatie HK19 en 20 wordt vanwege de sterk verhoogde NH_4-rijkdom en als gevolg een indicatie van een scheve N/P-ratio geadviseerd om te chopperen in combinatie met een dolokalgift van 1,5-2 ton/ha. Na chopperen wordt geadviseerd om met drukbegrazing de dominantie van grassen te onderdrukken.

Tabel 8.1b. Advies voor snel en geleidelijk herstel per locatie, dosering in ton/ha. Voorkeur advies op basis van expert judgement zijn grijs gearceerd.

Locatie	advies voor snel herstel	advies voor geleidelijk herstel	aanvullende maatregelen
HK1	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
HK2	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Eifelgold	10 ton Eifelgold	-
HK3	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
HK4	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HK5	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HK6	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HK7	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HK8	-	-	drukbegrazen of maaien en afvoeren
HK9	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HK10	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HK11	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
HK12	-	-	drukbegrazen
HK13	-	-	drukbegrazen of maaien en afvoeren
HK14	-	-	drukbegrazen of maaien en afvoeren
HK15	-	-	drukbegrazen of maaien en afvoeren
HK16	-	-	drukbegrazen of maaien en afvoeren
HK17	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen of maaien en afvoeren
HK18	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HK19	chopperen + 1,5-2 ton dolokal (5% Mg)	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
HK20	chopperen + 1,5-2 ton dolokal (5% Mg)	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
HK21	1,5 ton dolokal (15% Mg)	10 ton Soilfeed	-
HK22	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-



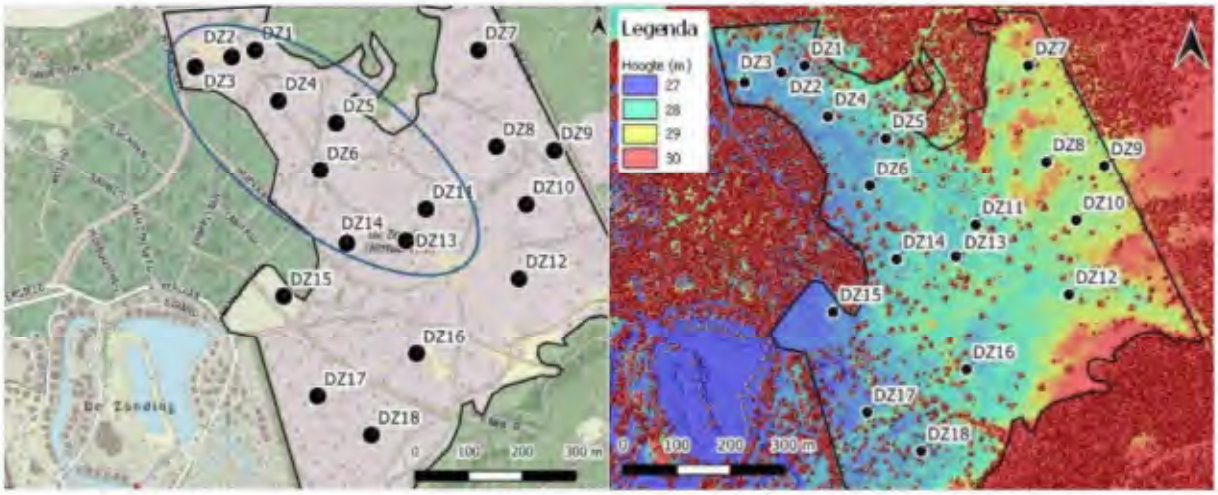
Figuur 8.9. Geadviseerde herstelmaatregelen per locatie in Harskamp.

9. de Zanding

9.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties

Ten zuidoosten van Otterlo en ten westen van Nationaal Park de Hoge Veluwe ligt natuurgebied de Zanding. Het is een 60 hectare groot gebied met Droge Heide, Stuifzanden en Naaldbos gelegen op duin- en vlakvaaggronden van het Veluwse stuwwallencomplex. De zadelsprinkhaan heeft in de Zanding een redelijke populatie met ongeveer 50 individuen (Felix et al., 2019). In de Zanding werden 18 bodemmonsters genomen, waarvan DZ1 tot en met 6 en 11, 13 en 14 gelegen waren in het populatiegebied van de zadelsprinkhaan (Figuur 9.1).

De bodem was in te delen in twee groepen bestaande uit duinzand zonder gelaagdheid (DZ1, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 16, 17, 18), bodem waar aan de bovenkant donkerbruin zand aanwezig was (DZ2, 3, 5, 13, 15) (Figuur 9.2). Verder was er in de bodem van monsterpunt DZ4, 10 en 17 grind aanwezig. Daarnaast onderscheidde de bodem bij monsterpunt DZ10 zich van de andere doordat er na ongeveer 30 cm duinzand zonder gelaagdheid plots een donkere laag begon met daartussen stukjes houtskool (Figuur 9.3). Wellicht een oude brand die daarna is overstoven.



Figuur 9.1. Overzicht van de monsterpunten in de Zanding op een topografische kaart (links) en hoogtekaart (rechts). Zwart omlijnd het onderzoeksgebied en blauw omcirkeld zijn de monsterpunten gelegen in het populatiegebied van de Zadelsprinkhaan. Bron: PDOK.

9.2 Vegetatiebeschrijving

De vegetatie was min of meer op te delen in drie groepen: de monsterpunten met open zand (DZ4, 6, 11 en 17), grazige begroeiing (DZ1, 3, 5, 10, 13 en 15) en Grijs kronkelsteeltje gedomineerde vlakken (DZ2, 7, 8, 9, 12, 14, 16 en 18). De monsterpunten met open vegetatie structuur hadden vaak weinig begroeiing, maar de soorten die er het meest groeide waren Buntgras, Grijs kronkelsteeltje en Haarmos (Figuur 9.4). Overige soorten hier waren Struikhei, Gewoon biggenkruid en Open rendiermos. De grazige begroeiing was rijker aan plantensoorten en hier waren de volgende soorten gevonden: Schapenzuring, Struikhei, Pijpenstrootje, Fijn schapengras (*Festuca filiformes*), Zandzegge, Buntgras en Heideklauwtjesmos (Figuur 9.4). Daarnaast behoort monsterpunt DZ15 ook bij de grazige plots, maar deze verschilde behoorlijk. Het plot lag dicht bij de bebouwde kom en was een soort kinderspeelveld en de planten die er groeide waren dan ook geen typische heidesoorten. Hier groeide: Schapenzuring, Smalle weegbree (*Plantago lanceolata*), Paardenbloem (*Taraxacum officinale*), Paarse dovenetel (*Lamium purpureum*), Duizendblad (*Achillea millefolium*), Gewoon biggenkruid, Zandhoornbloem (*Cerastium semidecandrum*), Gewoon jakobskruiskruid (*Jacobaea vulgaris*) en Zandraket (*Arabidopsis thaliana*). Bij de monsterpunten die door Grijs kronkelsteeltje gedomineerd

werden kwam voor: Haarmos, Schapenzuring, Heidespurrie (*Spergula morisonii*), her en der pollen Buntgras en diverse *Cladonia* soorten.

Figuur 9.2. Foto bodemguts van de bodemmonsters met duinzand en zonder gelaagdheid (links) en van de bodemmonsters met een bruine laag zand erboven.

Figuur 9.3. Foto bodemguts bij monsterpunt DZ10 in tweeën gedeeld (links bovenste helft en daarnaast de onderste helft) en een stuk houtskool uit de diepere laag (rechts).

Figuur 9.4. Indruk van de monsterpunten geclassificeerd als open (boven), grazig (midden) en de door Grijs kronkelsteeltje (Campylopus introflexus) gedomineerde monsterpunten.

60246 0035

9.3 Resultaten en advies

In de Zanding waren monsterpunten DZ1-6, 11, 13 en 14 gelegen in het populatiegebied van de zadelsprinkhaan. In dit gebied met stuifzandgrasland en stuifzandheide vegetaties vormde de lage Ca-beschikbaarheid en de daarmee veel te hoge Al/Ca-ratio in de bodem het grootste knelpunt voor de ontwikkeling van kruiden in de heide (Tabel 9.1). Ook de basenverzadiging was met uitzondering van DZ10, 13, 15 en 18 op alle locaties aan de lage kant voor kruidenrijke heiden (Tabel 1.1). De bodem-pH daarentegen viel over het algemeen binnen de ranges voor het voorkomen van kruiden in heide. Ook in dit terrein vormt ammonium geen knelpunt, al werd op locatie DZ13 een verhoogde ammoniumconcentratie in de bodem gemeten van 1076 µmol/l bodem. De bemonsterde locaties waren relatief P-arm met concentraties van 141 tot 648 µmol/l Olsen-P, met uitzondering van locatie DZ15 (kinderspeelveldje) met een Olsen-P concentratie van 1588 µmol/l bodem.

Tabel 9.1a. Belangrijkste bodemchemische parameters in zoutextractie (0,2M NaCl) waarbij concentraties in µmol/l zijn gegeven, strontiumextractie met basenverzadiging (BV) in procenten en cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie (P-t) uit een destructie in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. SZ= stuifzandgrasland, SH= stuifzandheide. Groen= binnen referentiewaarden voor kruidenrijke heide, geel = net buiten range voor kruidenrijke heide, rood = ver buiten range voor kruidenrijke heide. Referentiewaarden staan weergegeven in Tabel 1.1. Locaties met aanwezigheid zadelsprinkhaan zijn blauw gearceerd.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		Indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
DZ1	SZ	1,7	163	1,6	4,1	1146	195	364	123	57	1,4	45	213	5,9	14,7	11,9	ja
DZ2	SH	6,5	595	4,7	3,4	1331	1094	301	447	51	2,5	223	123	1,2	21,8	25,4	nee
DZ3	SH	2,9	515	2,7	3,5	1463	1013	318	440	23	3,7	285	198	1,4	13,0	20,2	nee
DZ4	SZ	1,3	188	1,7	4,3	698	114	278	50	5	2,0	83	27	6,1	7,1	6,6	nee
DZ5	SH	4,3	648	2,2	3,8	1419	685	386	268	25	4,5	74	224	2,1	12,1	21,3	nee
DZ6	SZ	1,1	158	1,6	4,1	838	96	199	57	2	0,5	88	14	8,7	12,2	7,9	nee
DZ7	SZ	3,1	263	1,7	3,9	1170	337	240	202	9	0,9	73	32	3,5	15,4	14,3	nee
DZ8	SZ	1,5	243	1,3	3,7	1257	364	234	173	24	1,3	102	119	3,5	14,7	16,1	nee
DZ9	SZ	2,1	265	2,2	4,0	1240	235	250	145	15	1,4	143	89	5,3	14,5	14,8	nee
DZ10	SZ	2,2	605	3,1	4,1	808	1834	723	1051	127	3,5	105	65	0,4	42,8	20,6	nee
DZ11	SZ	1,2	141	1,9	4,4	407	54	154	29	2	0,6	47	7	7,5	12,4	5,5	nee
DZ12	SZ	1,7	272	1,8	3,7	1186	335	219	228	11	2,0	96	47	3,5	17,9	13,1	nee
DZ13	SH	3,3	569	2,0	3,9	513	1450	354	710	60	3,0	40	1076	0,4	26,8	17,8	ja
DZ14	SH	2,4	333	1,9	3,8	1086	501	350	285	11	2,3	78	135	2,2	12,4	11,5	nee
DZ15	-	4,3	1588	8,9	4,2	184	4590	477	975	39	6,8	90	82	0,04	63,4	23,9	nee
DZ16	SH	1,9	331	1,8	3,9	1079	405	367	208	12	1,3	58	110	2,7	19,3	12,7	nee
DZ17	SZ	1,1	206	1,3	4,3	718	83	187	45	2	0,5	52	18	8,6	22,6	8,7	nee
DZ18	SH	1,1	148	1,9	4,4	598	133	244	78	5	0,5	49	31	4,5	28,3	7,3	nee

Op locaties DZ1-6, 11, 13 en 14 gelegen in populatiegebied van de zadelsprinkhaan was de Al/Ca-ratio vaak te hoog en wordt geadviseerd de Ca-beschikbaarheid te verhogen met een dolokalgift (5% Mg) van 1 ton/ha, eventueel aangevuld met een kaliumrijk steenmeel als Soilfeed (10 ton/ha). Op locatie DZ2 is de Al/Ca-ratio in de bodem voldoende laag en de basenverzadiging redelijk en wordt geadviseerd om enkel een steenmeelgift van 10 ton Soilfeed/ha op te brengen. Voor locatie DZ1 wordt naast een dolokalgift ook een steenmeelgift met een P-rijk steenmeel als Eifelgold geadviseerd vanwege de overmaat van stikstof ten opzichte van fosfaat in de bodem.

60246 0035

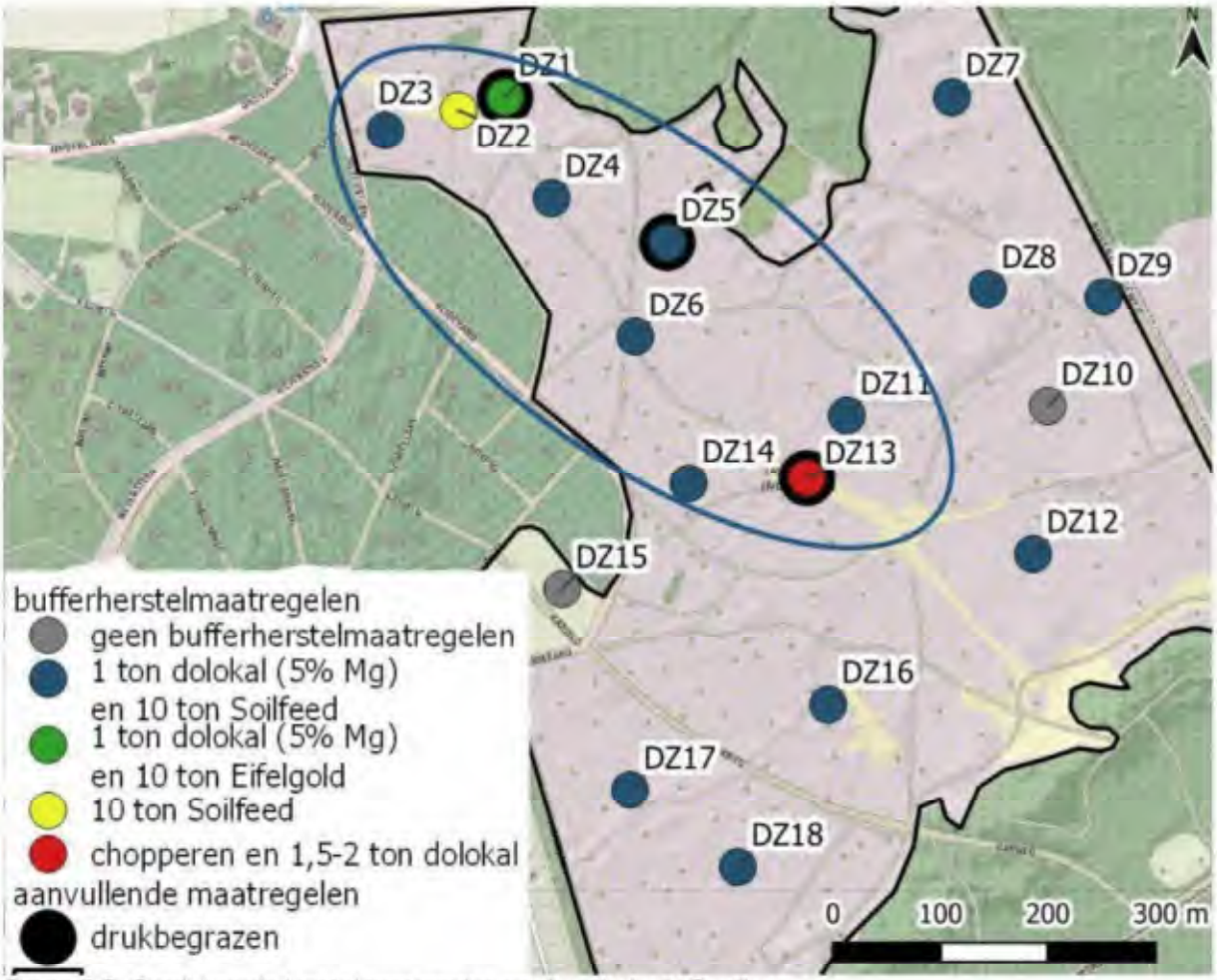
Vanwege de zeer hoge ammoniumconcentratie in de bodem op locaties DZ13 wordt geadviseerd om te chopperen in combinatie met een dolokalgift van 1,5-2 ton/ha. Na chopperen wordt geadviseerd om met drukbegrazing de dominantie van grassen te onderdrukken. Op locatie DZ1 en 5 met een matig verhoogde ammoniumconcentratie in de bodem wordt geadviseerd om met drukbegrazing vergrassing te voorkomen en de ammoniumconcentraties in de bodem te verlagen.

Op locatie DZ10 en DZ15 gelegen buiten het populatiegebied van de zadelsprinkhaan was de bodem voldoende gebufferd voor het voorkomen van kruiden in de heide en zijn geen bufferherstelmaatregelen nodig. Op de andere locaties in stuifzandgrasland en stuifzandheide (DZ7-9 en 16-18) wordt een kalkgift van 1 ton dolokal (5% Mg) geadviseerd voor snel herstel van de bodembuffering (eventueel met een kaliumrijk steenmeel als Soilfeed (10 ton/ha)). Als de urgentie minder hoog is kan ook gedacht worden aan geleidelijk herstel met een steenmeelgift van 10 ton Soilfeed per ha.

Tabel 9.1b. Advies voor snel en geleidelijk herstel per locatie, dosering in ton/ha. Voorkeur advies op basis van expert judgement zijn grijs gearceerd.

Locatie	advies voor snel herstel	advies voor geleidelijk herstel	aanvullende maatregelen
DZ1	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Eifelgold	10 ton Eifelgold	drukbegrazen
DZ2	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DZ3	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DZ4	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DZ5	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
DZ6	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DZ7	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DZ8	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DZ9	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DZ10	-	-	-
DZ11	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DZ12	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DZ13	chopperen + 1,5-2 ton dolokal	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
DZ14	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DZ15	-	-	-
DZ16	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DZ17	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
DZ18	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-

60246 0035



Figuur 9.5. Geadviseerde herstelmaatregelen per locatie in de Zanding.

10. Nationaal Park de Hoge Veluwe

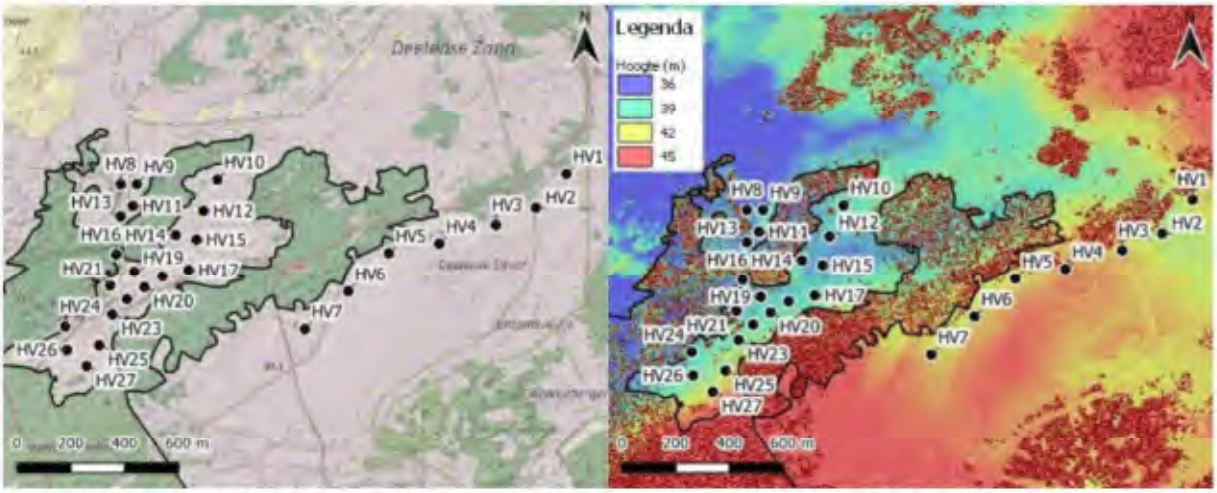
10.1 Inleiding Nationaal Park de Hoge Veluwe

Het Nationaal Park ontstond langzaam vanaf 1909 toen Anton Kröller percelen opkocht en deze aan elkaar aansloot om zo een landgoed te creëren. Vervolgens is het landgoed in 1935 verkocht aan Stichting Het Nationale Park De Hoge Veluwe waarna het park ontstond. Het huidige Nationale Park omslaat circa 5400 hectare met diverse landschapstypes en daarin verschillende habitatten waarvan een groot deel heide omvat. Historisch heeft de zadelsprinkhaan twee duidelijke gebieden waar de populaties zich bevonden, één rondom de "Gymnasiumvallei" (de oostelijke monsterpunten) en de andere in het "Verdronken Bos" (de westelijke monsterpunten) (Felix et al., 2019). Tijdens inventarisaties in 2018 zijn geen individuen waargenomen (Felix et al., 2019), maar in 2019 is minimaal één volwassen exemplaar waargenomen langs de Wildbaanweg door verschillende waarnemers (Waarneming.nl, 2019). Desalniettemin is de status van de zadelsprinkhaan in het Nationale Park de Hoge Veluwe kritiek.

10.2 Oostelijke locaties

10.2.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties

Het oostelijke deel van het Nationale Park de Hoge Veluwe bevatte 27 monsterpunten (Figuur 10.1). De monsterpunten bevinden zich geomorfologisch op een stuwwal (HV3-7 en 17-27), landduin (HV8-10, 11, 13 en 16) en in een droogdal (HV1, 2, 12, 14 en 15) (PDOK, 2020). De bodem was over het algemeen zandig, maar bevatte bij HV23 ook grind.



Figuur 10.1. Overzicht van de oostelijke monsterpunten in het Nationaal Park de Hoge Veluwe op een topografische kaart (links) en hoogtekaart (rechts). Zwart omlijnd het onderzoeksgebied. Bron: PDOK.

10.2.2 Vegetatiebeschrijving

De vegetatie waargenomen in de oostelijke locatie (HV1 t/m 27) was vaak eentonig met Struikhei, die ook vaak dood was, en daartussen mos (vaak Grijs kronkelsteeltje) die de bodem volledig bedekte (Figuur 10.2) of gras (Figuur 10.3). Monsterpunten HV10, 14, 15 en 18 verschilde enigszins hiervan zonder Struikhei in de directe nabijheid, maar hier was Grijs kronkelsteeltje de dominante vegetatie met daartussen verspreid pollen Buntgras (Figuur 10.4). Overige soorten die hier aangetroffen waren: Bochtige smele, Pilzegge, Pijpenstrootje, Heidespurrie, Schapenzuring, Gewoon biggenkruid, Grove den, Zandraket, Cladonia, Heideklauwtjesmos en Haarmos. De vegetatie was over het algemeen arm en kwam het meest overeen met stuifzandheide en stuifzandgrasland.

Figuur 10.2. Indruk van de vegetatie bij de monsterpunten waar de ruimte tussen de Struikhei was opgevuld met voornamelijk mos bedekking (links) en de bijbehorende foto van de bodemguts (rechts).

Figuur 10.3. Indruk van de vegetatie bij de monsterpunten waar de ruimte tussen de Struikhei voornamelijk opgevuld was met gras (links) en de bijbehorende foto van de bodemguts (rechts).

Figuur 10.4. Indruk van de plots met Grijs kronkelsteeltje dominantie (links) en de bijbehorende foto van de bodemguts (rechts).

10.2.3 Resultaten en advies

In het oostelijke deel van het Nationaal Park de Hoge Veluwe werd als belangrijkste knelpunt de zeer lage Ca-beschikbaarheid en hoge Al-beschikbaarheid geconstateerd en de daardoor vaak veel te hoge Al/Ca-ratio in de bodem (Tabel 5.6). De bodem-pH viel over het algemeen binnen de ranges voor het voorkomen van kruiden. De basenverzadiging daarentegen was op bijna alle locaties redelijk met percentages hoger dan 15% (Tabel 1.1). Ammonium vormt op deze locaties geen knelpunt, wel werd op locatie HV26 een licht verhoogde ammoniumconcentraties in de bodem gemeten van 432 µmol/l bodem. Op locatie HV2 werd een hoge Olsen-P concentratie gemeten van 1030 µmol/l bodem. Op de andere locaties varieerde de fosfaatbeschikbaarheid van 203 tot 789 µmol/l bodem.

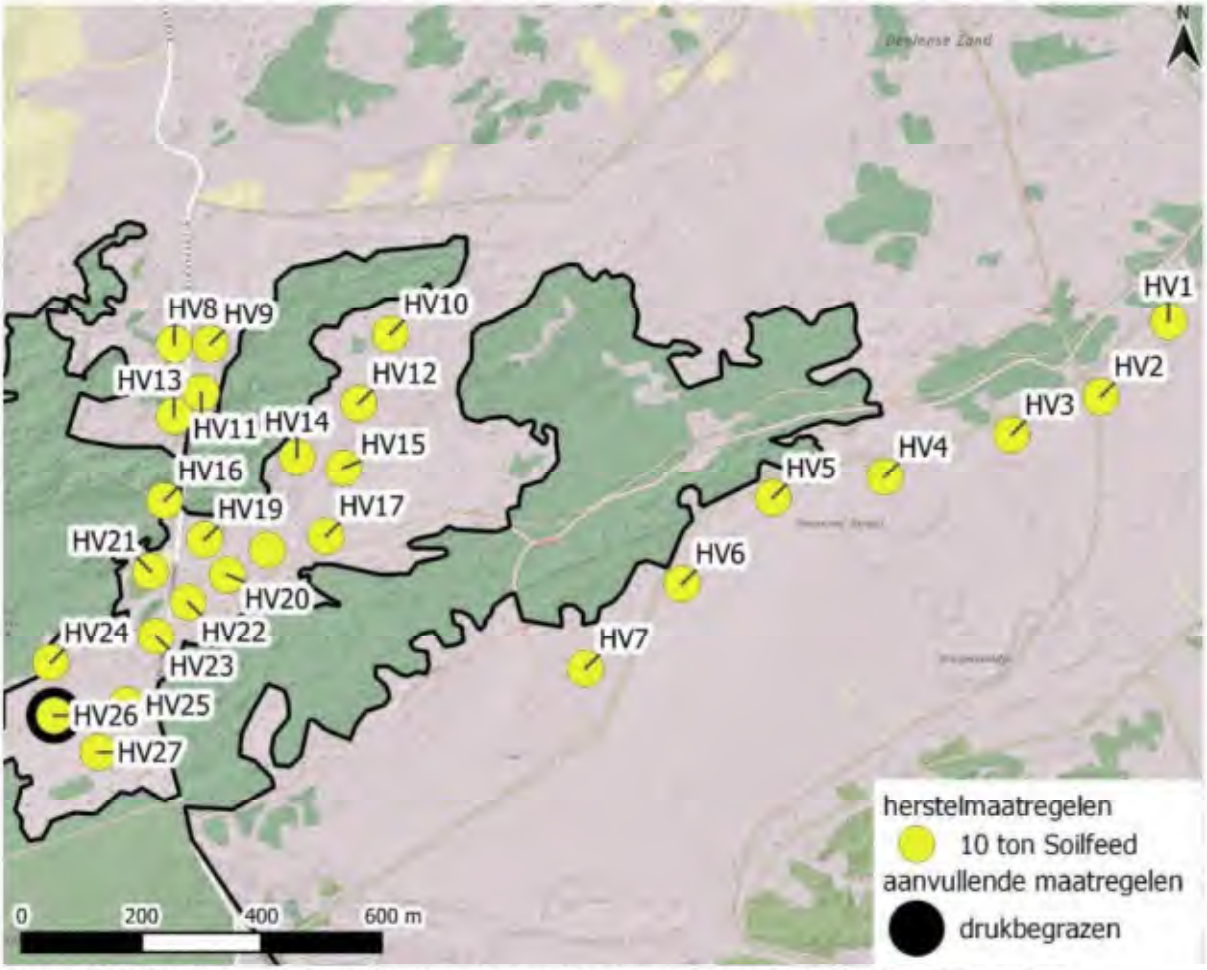
Op al deze locaties in stuifzandgrasland en stuifzandheide wordt geadviseerd om de Ca-beschikbaarheid te verhogen door een steenmeelgift van 10 ton Soilfeed/ha of in het geval van urgentie voor een combinatie met 1 ton dolokal (5% Mg) per ha. Op locatie HV26 wordt daarnaast geadviseerd om met drukbegrazing vergrassing te voorkomen en de ammoniumconcentratie te verlagen.

Tabel 10.1a. Belangrijkste bodemchemische parameters in zoutextractie (0,2M NaCl) waarbij concentraties in µmol/l zijn gegeven, strontiumextractie met basenverzadiging (BV) in procenten en cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie (P-t) uit een destructie in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. SH= stuifzandheide, SZ= stuifzandgrasland. Groen= binnen referentiewaarden voor kruidenrijke heide, geel = net buiten range voor kruidenrijke heide, rood = ver buiten range voor kruidenrijke heide. Referentiewaarden staan weergegeven in Tabel 1.1. Locaties met aanwezigheid zadelsprinkhaan zijn blauw gearceerd.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
HV1	SH	2,1	547	2,3	4,3	1067	76	221	55	3	1,2	77	54	14,1	17,7	14,9	nee
HV2	SH	4,3	1030	3,2	3,7	1665	161	177	106	8	1,7	99	58	10,3	13,4	19,3	nee
HV3	SH	2,3	412	2,0	4,1	1005	109	265	72	6	1,1	36	31	9,2	20,4	15,4	nee
HV4	SH	2,0	373	1,9	3,7	1291	112	181	83	3	1,3	53	53	11,6	22,0	12,4	nee
HV5	SZ	1,4	359	1,8	4,1	914	238	224	85	5	1,2	49	34	3,8	25,2	13,3	nee
HV6	SH	1,8	789	2,0	3,6	1661	289	216	148	11	2,1	31	84	5,7	17,8	25,9	nee
HV7	SH	2,2	510	1,9	3,7	1230	285	236	177	7	1,5	52	64	4,3	19,4	19,2	nee
HV8	SH	1,8	447	1,7	3,6	1016	338	240	192	9	5,2	46	75	3,0	20,6	15,6	nee
HV9	SH	1,3	314	1,1	3,6	948	114	174	79	2	1,4	46	62	8,3	22,2	9,9	nee
HV10	SZ	1,5	349	1,6	4,1	841	209	277	173	6	2,7	23	124	4,0	33,2	10,6	nee
HV11	SH	0,9	203	0,9	4,0	915	48	217	57	1	0,4	30	18	19,1	28,9	10,7	nee
HV12	SH	1,4	335	2,1	3,9	810	267	356	211	7	2,7	30	133	3,0	32,9	13,3	nee
HV13	SH	1,1	298	1,4	4,1	913	70	165	50	2	1,4	84	20	13,1	24,8	10,5	nee
HV14	SZ	1,6	393	2,0	4,1	874	162	253	112	4	4,4	27	116	5,4	31,8	10,4	nee
HV15	SZ	1,3	228	1,6	4,0	750	133	192	92	5	0,9	71	106	5,6	30,4	10,3	nee
HV16	SH	1,3	467	1,7	3,9	1101	161	227	102	7	1,8	50	71	6,8	22,5	12,6	nee
HV17	SH	1,0	480	2,0	3,9	905	94	210	90	4	3,2	39	67	9,7	28,1	11,5	nee
HV18	SZ	0,9	313	1,9	4,0	918	84	166	60	2	1,2	56	30	11,0	24,7	10,3	nee
HV19	SH	3,4	547	3,2	3,8	1098	1014	479	402	30	3,3	20	166	1,1	26,3	21,0	nee
HV20	SH	1,4	455	2,8	4,2	1204	121	257	81	10	1,0	48	33	10,0	21,5	12,9	nee
HV21	SH	3,9	481	2,7	3,7	1531	549	264	270	16	2,6	79	170	2,8	23,3	26,0	nee
HV22	SH	1,6	505	2,2	3,8	1172	211	271	132	8	3,0	25	175	5,6	21,5	16,1	nee
HV23	SH	3,1	482	2,4	3,5	1293	823	371	337	37	3,2	73	163	1,6	18,0	22,0	nee
HV24	SH	4,4	577	2,4	3,3	1431	268	345	235	9	1,7	56	204	5,3	16,8	39,2	nee
HV25	SH	6,6	558	3,0	3,2	1706	821	426	574	41	0,9	29	152	2,1	11,9	26,3	nee
HV26	SH	4,6	492	3,0	3,4	1915	627	304	405	37	2,8	112	432	3,1	12,9	34,1	nee
HV27	SH	2,7	538	1,8	3,6	1050	418	252	238	21	2,2	46	104	2,5	19,1	16,3	nee

Tabel 10.1b. Advies voor snel en geleidelijk herstel per locatie, dosering in ton/ha. Voorkeur advies op basis van expert judgement zijn grijs gearceerd.

Locatie	advies voor snel herstel	advies voor geleidelijk herstel	aanvullende maatregelen
HV1	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV2	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV3	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV4	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV5	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV6	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV7	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV8	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV9	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV10	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV11	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV12	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV13	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV14	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV15	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV16	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV17	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV18	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV19	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV20	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV21	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV22	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV23	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV24	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV25	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV26	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
HV27	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-

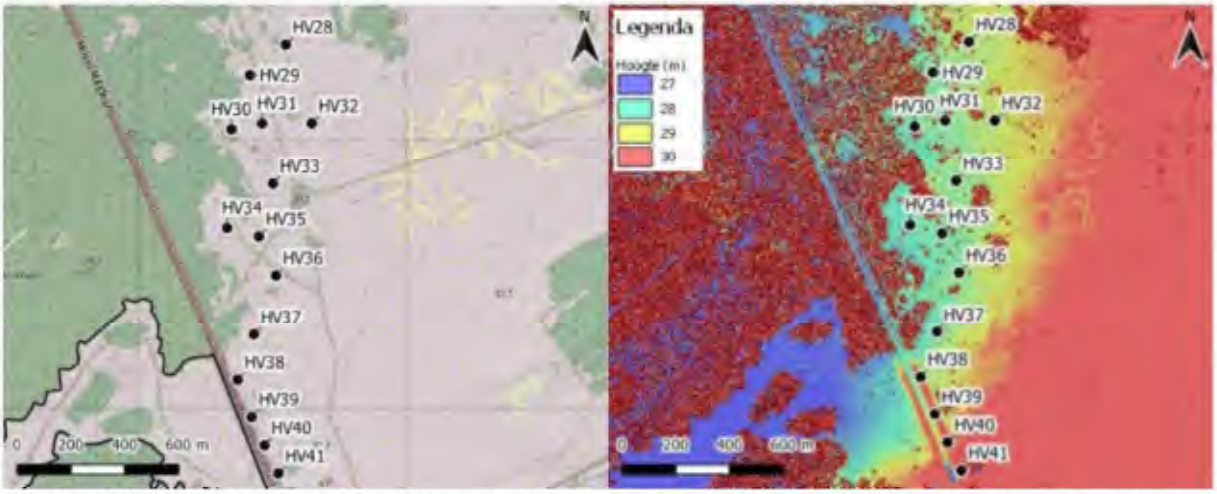


Figuur 10.5. Geadviseerde herstelmaatregelen per locatie in Nationaal Park de Hoge Veluwe Oost.

10.3 Westelijke locaties

10.3.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties

Het westelijke deel van het Nationale Park de Hoge Veluwe bevatte 14 monsterpunten (Figuur 10.6). Deze monsterpunten waren gelegen op een glooiing bestaande uit smeltwaterafzettingen (PDOK, 2020). Ook hier was het moedermateriaal van de bodem voornamelijk zand. Bij drie monsterpunten (HV29, 30 en 35) was aan het oppervlak ook een organische laag van enkele centimeters aanwezig.



Figuur 10.6. Overzicht van de westelijke monsterpunten in het Nationaal Park de Hoge Veluwe op een topografische kaart (links) en hoogtekaart (rechts). Zwart omlijnd het onderzoeksgebied. Bron: PDOK.

10.3.2 Vegetatiebeschrijving

De westelijke monsterpunten (HV28 t/m 41) kenden grotendeels eenzelfde aanblik zoals die in oostelijke monsterpunten. Uitzondering was HV41 met kort gehouden grassen en kruiden en waar de vegetatie een meer voedselrijkere plek leek aan te duiden. In de directe omgeving van dit monsterpunt groeide Pijpenstro, Bochtige smele, Jacobskruiskruid (*Jacobaea vulgaris*), Schapenzuring, Zandraket, Zandhoornbloem (*Cerastium semidecandrum*) en Heideklauwtjesmos.

10.3.3 Resultaten en advies

Ook in het westelijke deel van het Nationaal Park de Hoge Veluwe werd als belangrijkste knelpunt de zeer lage Ca-beschikbaarheid en hoge Al-beschikbaarheid geconstateerd en de daardoor vaak veel te hoge Al/Ca-ratio in de bodem (Tabel 10.2). Een uitzondering was locatie HV41 met een hoge Ca-beschikbaarheid van 6788 µmol/l, zeer lage Al/Ca-ratio van 0,01 en hoge basenverzadiging van 90,6%. Deze locatie is waarschijnlijk bekalkt. De bodem-pH was voldoende hoog voor het voorkomen van kruiden in heide. De basenverzadiging was op alle locaties redelijk met percentages hoger dan 15% (Tabel 1.1). Ammonium vormt ook in deze westelijke locaties nauwelijks een knelpunt, al werd op locatie HV31 een wat verhoogde ammoniumconcentraties in de bodem gemeten van 530 µmol/l bodem. De fosfaatbeschikbaarheid varieerde van 325 tot 569 µmol/l bodem.

Voor al deze locaties in voormalig stuifzand en stuifzandheide wordt geadviseerd om de Ca-beschikbaarheid te verhogen door een steenmeelgift van 10 ton Soilfeed/ha of in het geval van urgentie voor een combinatie van Soilfeed met 1 ton dolokal (5% Mg) per ha. Op locatie HV31 wordt daarnaast geadviseerd om met drukbegrazing vergrassing te voorkomen en de ammoniumconcentratie te verlagen. Voor locatie HV41 met een hoge bodembuffering zijn geen herstelmaatregelen nodig.

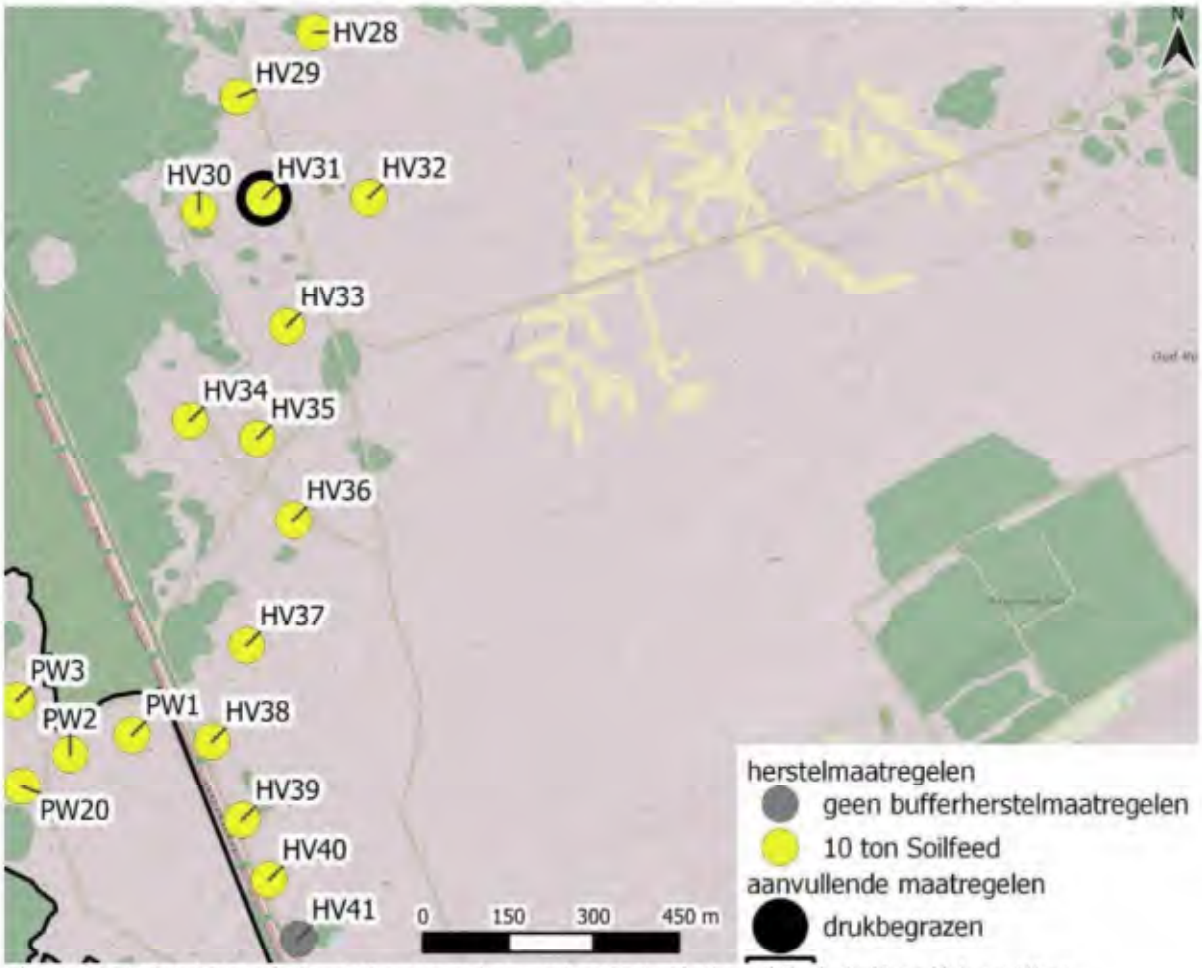
Tabel 10.2a. Belangrijkste bodemchemische parameters in zoutextractie (0,2M NaCl) waarbij concentraties in µmol/l zijn gegeven, strontiumextractie met basenverzadiging (BV) in procenten en cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie (P-t) uit een destructie in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. SH= stuifzandheide, SZ= stuifzandgrasland. Groen= binnen referentiewaarden voor kruidenrijke heide, geel = net buiten range voor kruidenrijke heide, rood = ver buiten range voor kruidenrijke heide. Referentiewaarden staan weergegeven in Tabel 1.1. Locaties met aanwezigheid zadelsprinkhaan zijn blauw gearceerd.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
HV28	SH	2,1	444	2,2	3,7	1603	194	258	153	5	1,7	96	82	8,3	17,3	19,7	nee
HV29	SH	1,3	449	2,3	3,8	1492	152	382	174	5	1,6	89	217	9,8	20,9	19,9	nee
HV30	SH	3,2	383	1,5	3,6	1673	128	338	226	3	1,5	20	177	13,0	18,9	22,7	nee
HV31	SH	1,8	549	2,1	3,8	1198	191	387	100	4	2,4	164	530	6,3	21,9	15,5	nee
HV32	SH	2,0	471	2,2	3,8	1545	73	190	67	3	1,5	96	25	21,0	17,2	18,0	nee
HV33	SH	1,0	343	1,4	4,0	944	74	175	57	2	1,3	67	27	12,7	26,4	10,4	nee
HV34	SH	0,9	376	2,1	3,8	953	91	193	65	2	1,7	90	43	10,5	24,0	11,9	nee
HV35	SH	2,6	375	1,4	3,5	1534	318	249	151	9	2,0	69	142	4,8	18,4	17,0	nee
HV36	SH	1,6	569	2,1	3,7	1083	117	225	101	4	2,2	83	58	9,2	35,5	14,3	nee
HV37	SH	0,9	325	1,7	4,0	876	72	191	61	2	2,8	67	37	12,1	27,2	10,9	nee
HV38	SH	1,7	389	2,3	4,1	1490	248	300	176	14	2,0	82	111	6,0	20,1	19,4	nee
HV39	SZ	1,2	383	2,2	4,4	898	181	305	111	14	2,4	25	48	4,9	28,0	13,4	nee
HV40	SZ	1,2	567	2,7	4,1	978	246	234	150	12	2,8	81	37	4,0	27,0	11,9	nee
HV41	SZ	2,9	484	3,7	5,1	35	6788	400	820	5	2,0	58	85	0,01	90,6	31,9	nee

60246 0035

Tabel 10.2b. Advies voor snel en geleidelijk herstel per locatie, dosering in ton/ha. Voorkeur advies op basis van expert judgement zijn grijs gearceerd.

Locatie	advies voor snel herstel	advies voor geleidelijk herstel	aanvullende maatregelen
HV28	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV29	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV30	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV31	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
HV32	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV33	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV34	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV35	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV36	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV37	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV38	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV39	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV40	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
HV41	-	-	-

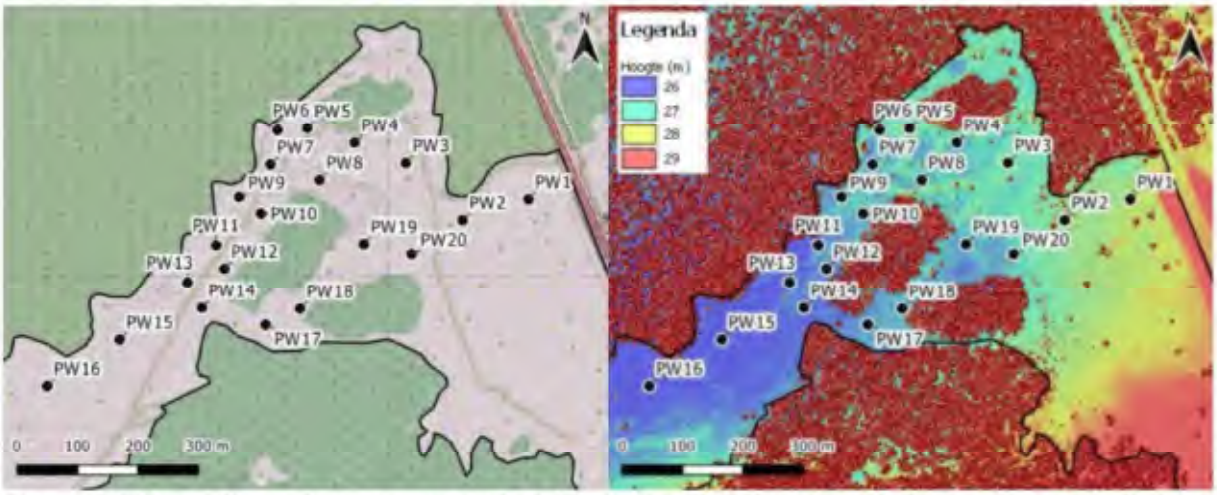


Figuur 10.7. Geadviseerde herstelmaatregelen per locatie in Nationaal Park de Hoge Veluwe West.

11. Planken Wambuis

11.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties

Gelegen tussen het Nationale Park de Hoge Veluwe ten oosten en de Ginkelsche Heide ten westen en begrenst en doorkruist door drukke wegen ligt het Planken Wambuis. Een gebied van ruim 2000 hectare met bos, heide en stuifzanden dat van oudsher viel onderen de landerijen van kasteel Rosendael. Het gebied kent dan ook een rijke historie met onder andere grafheuvels en oud eikenhakhoutbos. Het onderzoek in het Planken Wambuis bevond zich in het Nieuw-Reemsterveld (Figuur 11.1) gelegen direct aan de N310 waar 20 bodemmonsters zijn genomen. Het Nieuw-Reemsterveld bestond voor 1960 voornamelijk uit droge heide, maar is sindsdien sterk verbost met Grove den. Net als de westelijke monsterpunten van het Nationale Park de Hoge Veluwe ligt het onderzoeksgebied geomorfologisch op de glooiing van smeltwaterafzettingen van de zuidelijk gelegen stuwwal. Hier bestaat de bodem voornamelijk uit duinvaaggronden met een lichte fractie bestaand uit leem. Het onderzoeksgebied bevatte weinig reliëf met een geleidelijke hoogteafname van drie meter van zuidoost naar west (Figuur 11.1). In de heide van het Nieuw-Reemsterveld had de zadelsprinkhaan vóór 2013 nog een populatie van ongeveer 20 individuen (Felix et al., 2019). Sindsdien is de soort hier tijdens inventarisaties niet meer waargenomen.



Figuur 11.1. Overzicht van de monsterpunten in de Planken Wambuis (zwart omlijnd) op een topografische kaart (links) en hoogtekaart (rechts). Bron: PDOK.

De bodem bestond voornamelijk uit zand dat soms zeer fijn was (PW15) en bevatte soms een organische laag aan de bovenkant maar begon vaak gelijk met uitgeloogd grijs zand dat varieerde in dikte. Na het uitgeloogde zand ging de bodem over in zand zonder een duidelijke gelaagdheid, waarschijnlijk de hierboven benoemde duinvaaggronden (Figuur 11.2 tot en met Figuur 11.5). Naast zand bestond de bodem in monsterpunt PW1, 7-14, 16-18 ook uit een fractie leem en was grind aanwezig in de bodem bij monsterpunt PW4, 6, 9, 11 en 14.

11.2 Vegetatiebeschrijving

De vegetatie was op te delen in drie verschillende groepen. De eerste en meest voorkomende groep was te vinden bij monsterpunt PW3-12 en 14 met voornamelijk Struikhei (veelal dood) en daartussen Heideklauwtjesmos of Grijs kronkelsteeltje (Figuur 11.2). Bij monsterpunten PW1, 13 en 15-19 was de dominantie van Struikhei minder en de tussenliggende ruimte was vaker opgevuld met kale bodem en her en der plukjes mos of gras (Figuur 11.3). Waarbij PW1 zeer open was met weinig Struikhei en voornamelijk Buntgras waarschijnlijk omdat hier recentelijk bos verwijderd is (Figuur 11.4). De laatste groep, bij monsterpunt PW2 en 20, was volledig gedomineerd door Grijs kronkelsteeltje met een enkele andere plant er tussen (Figuur 11.5). Overige soorten die waren aangetroffen zijn: Bochtige smele, Pijpenstrootje, Fijn Schapengras, Pilzegge, Heidespurrie, Schapenzuring, Liggend

walstro, Zandhoornbloem, Smalle weegbree, Biggenkruid, Jacobskruiskruid (*Jacobea vulgaris*), Kleine ooievaarsbek (*Geranium pusillum*), Grove den, Haarmos, Open rendiermos, Gebogen rendiermos (*Cladonia arbuscula*) en diverse andere *Cladonia* soorten.

Figuur 11.2. Indruk van de plots met Struikhei als dominante soort met daartussen mos soorten (links) en de bijbehorende foto van de bodemguts (rechts).

Figuur 11.3. Indruk van de plots met een open structuur waar voornamelijk laag groeiende grassen domineerde (links) en de bijbehorende foto van de bodemguts (rechts).

Figuur 11.4. Indruk van de plot PW1 waar door recente kap ook Struikhei nog moest koloniseren en de begroeien vrijwel geheel bestond uit Buntgras en mos (links) en de bijbehorende foto van de bodemguts (rechts).

Figuur 11.5. Indruk van de plots die gedomineerd werden door Grijs kronkelsteeltje (links) en de bijbehorende foto van de bodemguts (rechts).

11.3 Resultaten en advies

Het terrein Planken Wambuis was qua bodemchemie sterk vergelijkbaar met het oostelijk en westelijk deel van het Nationaal Park de Hoge Veluwe. Ook in de Planken Wambuis werd als belangrijkste knelpunt de zeer lage Ca-beschikbaarheid, hoge Al-beschikbaarheid en de daardoor vaak veel te hoge Al/Ca-ratio in de bodem geconstateerd (Tabel 5.9). De basenverzadiging was met uitzondering van PW17 redelijk tot voldoende hoog voor kruiden in de heide (Tabel 1.1). Ook de bodem-pH viel over het algemeen binnen de ranges voor het voorkomen van kruiden in heide. Ook in dit terrein vormt ammonium geen knelpunt, al werden op locatie PW9 een verhoogde ammoniumconcentratie in de bodem gemeten van 517 µmol/l bodem. De bodem was over het algemeen niet zeer P-rijk met concentraties van 190 tot 612 µmol/l Olsen-P. Een uitzondering was locatie PW14 met een Olsen-P concentratie van 906 µmol/l bodem.

Voor al deze locaties in met name stuifzandheide wordt geadviseerd om de Ca-beschikbaarheid te verhogen door een steenmeelgift van 10 ton Soilfeed/ha. Voor snel herstel van de bodembuffering wordt geadviseerd om een combinatie met 1 ton dolokal (5% Mg) per ha toe te dienen. Op locatie PW9 wordt daarnaast geadviseerd om met drukbegrazing vergrassing te voorkomen en de ammoniumconcentratie te verlagen.

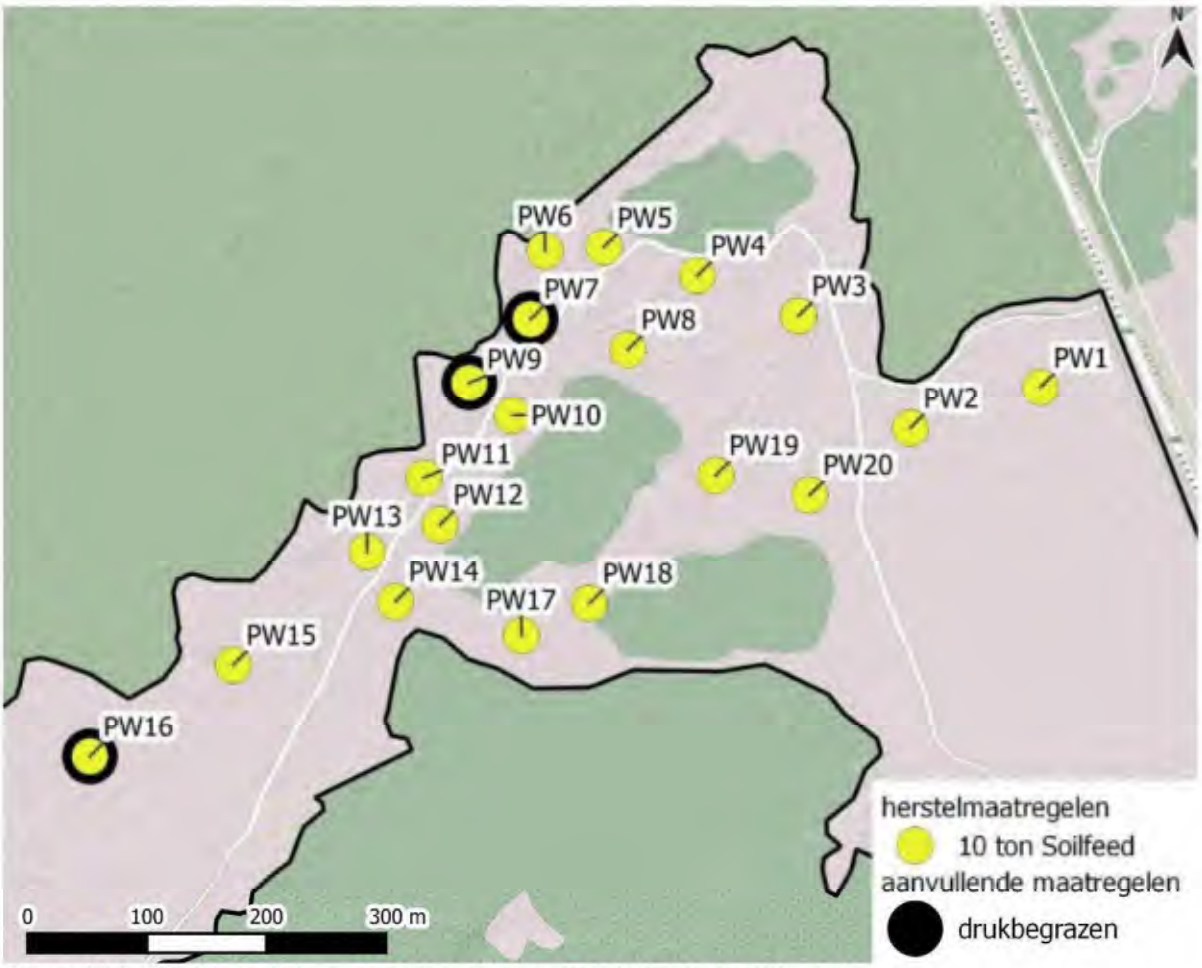
Tabel 11.1a. Belangrijkste bodemchemische parameters in zoutextractie (0,2M NaCl) waarbij concentraties in µmol/l zijn gegeven, strontiumextractie met basenverzadiging (BV) in procenten en cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie (P-t) uit een destructie in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. Groen= binnen referentiewaarden voor kruidenrijke heide, geel = net buiten range voor kruidenrijke heide, rood = ver buiten range voor kruidenrijke heide. Referentiewaarden staan weergegeven in Tabel 1.1. Locaties met aanwezigheid zadelsprinkhaan zijn blauw gearceerd.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
PW1	SH	1,0	322	1,8	3,7	1009	457	248	313	25	2,0	56	98	2,2	36,2	17,4	nee
PW2	SZ	0,9	409	1,7	3,8	852	214	212	146	5	2,5	45	61	4,0	28,0	12,0	nee
PW3	SH	0,7	286	1,5	4,1	950	95	182	62	1	2,2	49	37	10,0	26,2	11,6	nee
PW4	SH	2,3	237	1,5	3,6	1095	485	314	309	17	1,0	107	119	2,3	26,4	16,0	nee
PW5	SH	1,3	355	1,7	3,9	1024	112	172	75	3	1,8	113	44	9,2	22,9	11,8	nee
PW6	SH	1,1	190	1,3	4,1	1002	98	201	79	3	1,2	52	24	10,2	23,9	10,6	nee
PW7	SH	2,2	332	1,8	3,6	1262	305	271	244	10	1,6	115	237	4,1	21,6	15,0	nee
PW8	SH	1,8	355	1,5	3,9	1176	291	274	175	7	0,7	80	96	4,0	19,8	15,5	nee
PW9	SH	3,5	612	2,1	3,5	1212	611	471	410	19	6,3	298	517	2,0	20,9	22,1	nee
PW10	SH	2,7	514	2,1	3,4	1425	479	264	252	12	2,4	160	186	3,0	16,0	26,2	nee
PW11	SH	1,4	463	1,8	3,8	1244	224	259	156	5	1,4	78	55	5,5	16,5	22,3	nee
PW12	SH	2,3	427	1,7	3,7	1615	60	417	118	3	2,3	39	143	26,9	15,9	19,3	nee
PW13	SH	3,3	416	1,6	3,4	1234	218	223	166	3	3,0	62	108	5,7	16,0	17,4	nee
PW14	SH	3,1	906	3,2	3,5	1182	608	367	522	8	3,5	78	197	1,9	26,1	23,8	nee
PW15	SH	1,4	426	1,6	4,0	1045	269	208	154	8	1,7	64	60	3,9	26,2	14,8	nee
PW16	SH	3,2	454	2,3	3,5	1762	409	348	322	10	2,3	125	281	6,4	16,1	24,0	nee
PW17	SH	4,6	543	2,3	3,6	1472	321	269	195	6	1,9	129	84	4,9	13,3	20,5	nee
PW18	SH	4,5	272	1,4	3,6	934	113	234	187	7	1,2	40	130	3,0	17,5	12,3	nee
PW19	SH	1,8	198	1,2	3,8	992	209	587	160	4	1,3	85	65	4,8	16,9	13,4	nee
PW20	SZ	1,4	406	1,5	3,9	795	284	202	161	9	2,0	70	53	2,8	21,1	10,1	nee

60246 0035

Tabel 11.1b. Advies voor snel en geleidelijk herstel per locatie, dosering in ton/ha. Voorkeur advies op basis van expert judgement zijn grijs gearceerd.

Locatie	advies voor snel herstel	advies voor geleidelijk herstel	aanvullende maatregelen
PW1	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
PW2	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
PW3	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
PW4	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
PW5	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
PW6	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
PW7	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
PW8	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
PW9	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
PW10	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
PW11	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
PW12	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
PW13	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
PW14	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
PW15	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
PW16	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
PW17	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
PW18	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
PW19	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
PW20	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-

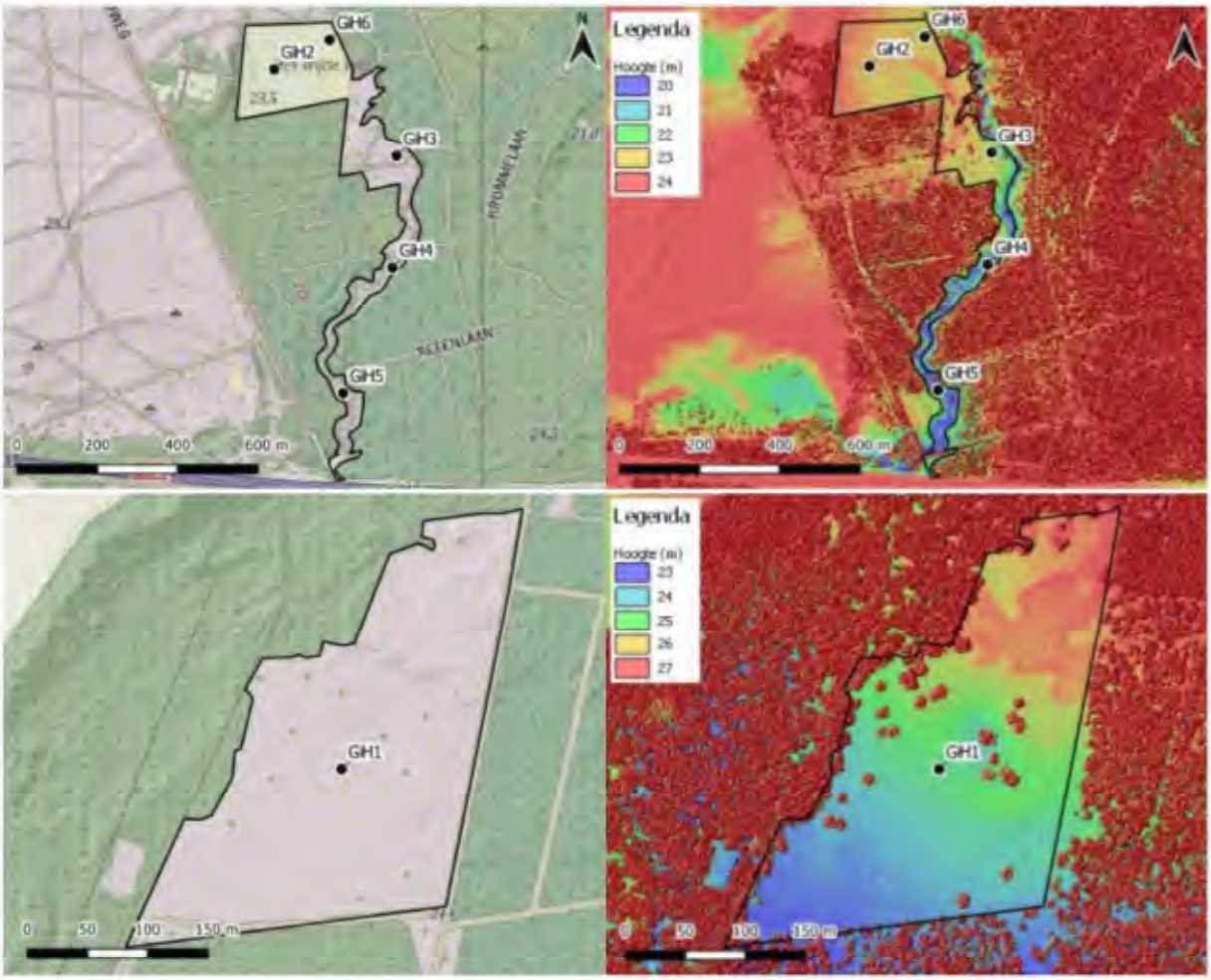


Figuur 11.6. Geadviseerde herstelmaatregelen per locatie in Planken Wambuis.

12. Ginkelse Heide

12.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties

In het oosten van de Ginkelse Heide werden vijf bodemmonsters genomen waarvan er drie gelegen waren in de voormalige loop van de Molenbeek die opnieuw in het landschap is aangelegd, maar waar tegenwoordig droge heide groeit. Geomorfologisch liggen deze monsterpunten dan ook voornamelijk in een droogdal dat smeltwater afvoerde in de voorlaatste ijstijd (PDOK). De andere twee monsterpunten lagen in Het Wijdeveld. Daarnaast werd ook één bodemmonster in Noord-Ginkel aan de andere kant van de autoweg genomen (Figuur 12.1). Dit monsterpunt lag in een droge heide op een voormalige landduin omgeven door dennen- en loofbos. De bodem van de verschillende monsterpunten had doorgaans eenzelfde zandig karakter zonder grind (GiH2-5) of met grind (GiH1) (Figuur 12.4 en 12.3). Monsterpunt GiH6 had echter een zeer afwijkend bodemprofiel waaronder de vegetatie vrijwel direct blond zand lag (Figuur 12.2).



Figuur 12.1. Overzicht van de monsterpunten in de Ginkelsche Heide ten zuiden van de autoweg (bovenste rij) en ten noorden van de autoweg (onderste rij) op een topografische kaart (linker kolom) en hoogtekaart (rechter kolom). Bron: PDOK.

12.2 Vegetatiebeschrijving

De monsterpunten verschilde onderling sterk qua vegetatie. Monsterpunten GiH1, GiH3 en GiH4 waren erg vergelijkbaar met dominantie van Struikhei (oud en jong gemengd), veel jonge Grove Dennen (die bij GiH1 allemaal dood waren) en bodembedekking met Heideklauwtjesmos. Daarnaast werd Liggend walstro ook aangetroffen in GiH3. Dit kwam overeen met vegetatie die wordt gevonden in een typische soortenarme droge heide. Monsterpunt GiH5 lag naast een wandelpad en was een grazig plot gedomineerd door Pijpenstrootje en een enkele Berk omringd door Struikhei. In een voedselrijke weide lag monsterpunt GiH2 en deze verschilde dan ook sterk van de plantensoorten die je zou verwachten in droge heide, hier was Gestreepte witbol (*Holcus lanatus*) dominant en ook groeide Grote brandnetel (*Urtica dioica*) er rijkelijk. Direct naast dit veld lag monsterpunt GiH6 welke bestond uit open bodem en laag groeiende vegetatie met de grootste soortenrijkdom van de monsterpunten in de Ginkelsche Heide. Hier groeide onder andere: Klein tasjeskruid (*Teesdalia nudicaulis*), Zandhoornbloem, Klein vogelpootje (*Ornithopus perpusillus*), Jakobskruiskruid, Schapenzuring (*Rumex acetosella*), Fijn Schapengras en vlakbij Muizenoor.

Figuur 12.2. Foto van de bodemguts en een indruk van de vegetatie bij monsterpunt GiH6.

60246 0035

Figuur 12.3. Foto van de bodemguts van de Ginkelsche Heide (A) en de bijbehorende vegetatie in monsterpunt GiH5 (B), GiH4 (C), GiH3 (D).

60246 0035

Figuur 12.4. Foto van de bijbehorende vegetatie in monsterpunt GiH2 (E) en GiH1 (F).

12.3 Resultaten en advies

Uit de bodemchemische metingen van de Ginkelse Heide is gebleken dat in locaties GiH1 en 3-5 de bodembuffering een knelpunt vormt voor ontwikkeling van kruiden in de droge heide (Tabel 12.1). Zowel de basenverzadiging als de beschikbare concentratie Ca in de bodem waren over het algemeen aan de lage kant, wat resulteerde in een hoge Al/Ca-ratio van 9,5 op locatie GiH4. Ammonium vormt geen (groot) knelpunt, met uitzondering van locatie GiH5 met een sterk verhoogde NH_4-concentratie van 915 µmol/l bodem. De beschikbare fosfaatconcentraties in de bodem varieerden van 450 tot 855 µmol/l bodem Olsen-P (met uitzondering van GiH2) en waren daarmee matig hoog voor droge heide.

Op onvoldoende gebufferde locaties in droge heide (GiH1 en 3) wordt geadviseerd om het complex op te laden en de beschikbaarheid van Ca te verhogen met een steenmeelgift van 10 ton Soilfeed/ha. Voor locatie GiH4 in droge heide gaat de voorkeur uit naar een dolokalgift (1,5-2 ton/ha) met 15% Mg om de beschikbaarheid van Ca en Mg snel omhoog te brengen en daarmee ook de Al/Ca-ratio te verlagen.

Op locatie GiH5 domineerde Pijpenstrootje en vormt ammonium een knelpunt. Op deze locatie wordt geadviseerd om te chopperen in combinatie met een dolokalgift van 1,5-2 ton/ha. Na chopperen wordt geadviseerd om met drukbegrazing de dominantie van grassen te onderdrukken. Op locatie GiH1 en 3 met een licht verhoogde ammoniumconcentratie in de bodem kan drukbegrazing een oplossing zijn om vergrassing te voorkomen.

Locatie GiH6 werd gekenmerkt door open bodem en een lage vegetatie met een grotere soortenrijkdom dan de andere vijf locaties. Op deze locatie vallen de belangrijkste bodemchemische parameters binnen de ranges gemeten in kruidenrijke heides, met uitzondering van de beschikbare Ca-concentratie. Het lage organisch stofgehalte en lage CEC doen vermoeden dat deze locatie geplagd is in het verleden. Voor deze locatie wordt geadviseerd om de calcium- en magnesiumbeschikbaarheid te verhogen middels een lage dolokalgift van 1,5-2 ton/ha met een hoog magnesiumpercentage (15%).

Een afwijkend monsterpunt was locatie GiH2 welke gelegen was in een voedselrijke weide. De bodem was sterk gebufferd en zeer rijk aan fosfaat met een Olsen-P concentratie van 3360 µmol/l bodem. Als ontwikkeling van heide hier de doelstelling is, wordt geadviseerd om in een vervolgonderzoek

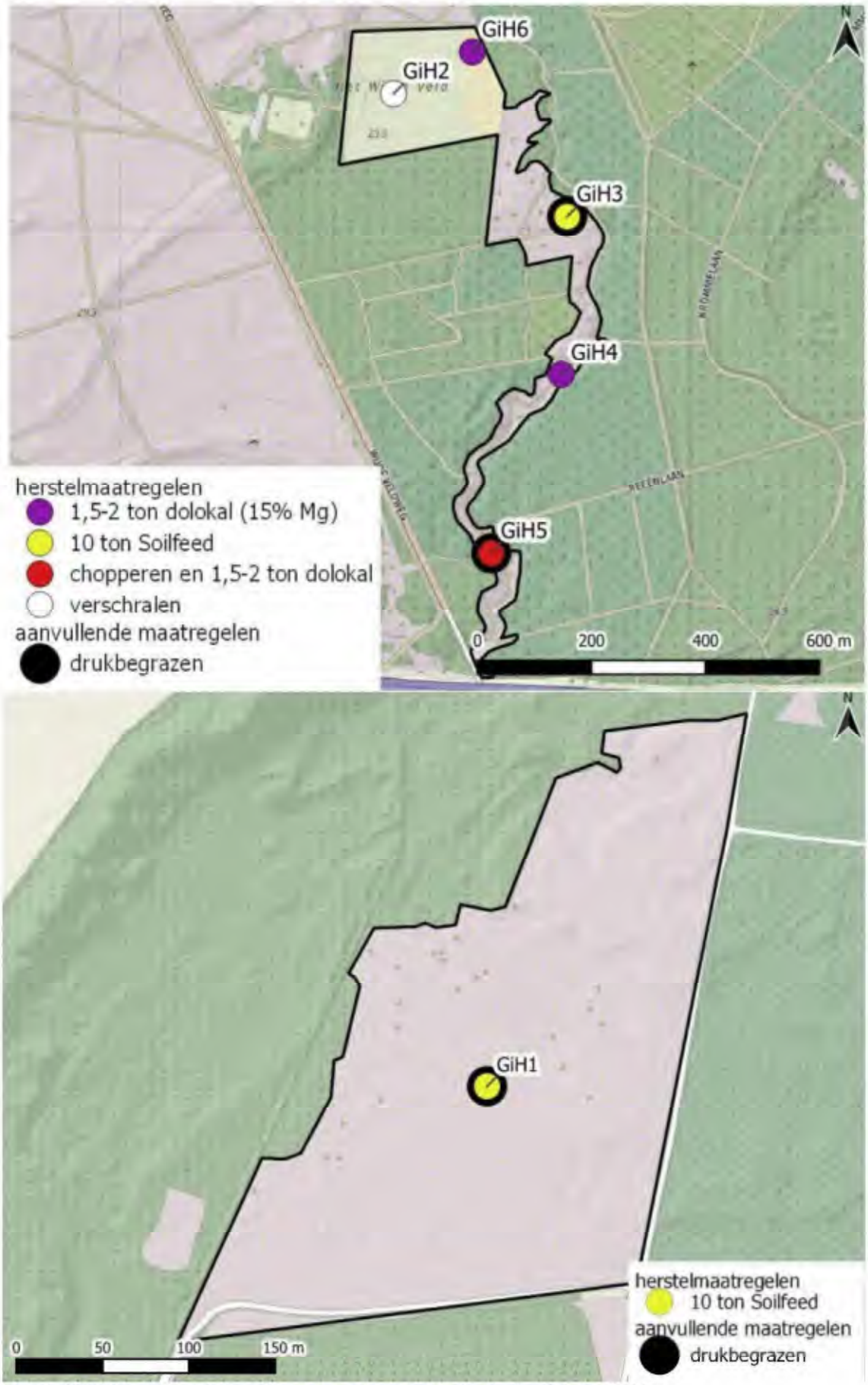
diepteprofielen te meten van P voor een eventuele ontgronding. Een andere optie is ontwikkeling van een bloemrijk grasland via maaien en afvoeren.

Tabel 12.1a. Belangrijkste bodemchemische parameters in zoutextractie (0,2M NaCl) waarbij concentraties in µmol/l zijn gegeven, strontiumextractie met basenverzadiging (BV) in procenten en cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie (P-t) uit een destructie in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. DH= droge heide. Groen= binnen referentiewaarden voor kruidenrijke heide, geel = net buiten range voor kruidenrijke heide, rood = ver buiten range voor kruidenrijke heide. Referentiewaarden staan weergegeven in Tabel 1.1. Locaties met aanwezigheid zadelsprinkhaan zijn blauw gearceerd.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
GiH1	DH	5,7	450	2,1	3,3	1136	1128	350	527	10	1,7	85	215	1,0	16,4	26,5	nee
GiH2	-	7,3	3360	18,2	4,5	60	6932	932	2327	19	12,7	561	591	0,01	78,9	48,2	nee
GiH3	DH	8,7	727	4,1	3,7	1688	1112	369	712	33	0,9	80	269	1,5	15,8	36,0	nee
GiH4	DH	8,3	481	2,4	3,7	2156	226	387	152	3	1,2	16	24	9,5	4,3	34,5	nee
GiH5	DH	9,8	855	2,8	3,2	1216	922	438	360	8	4,7	21	915	1,3	10,6	35,8	nee
GiH6	-	1,5	514	3,8	4,7	456	619	409	190	17	1,9	188	34	0,7	27,3	10,0	nee

Tabel 12.1b. Advies voor snel en geleidelijk herstel per locatie, dosering in ton/ha. Voorkeur advies op basis van expert judgement zijn grijs gearceerd.

Locatie	advies voor snel herstel	advies voor geleidelijk herstel	aanvullende maatregelen
GiH1	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
GiH2	verschralen	verschralen	-
GiH3	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk + 10 ton	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
GiH4	1,5-2 ton dolokal (15% Mg)	10 ton Soilfeed	-
GiH5	chopperen + 1,5-2 ton dolokal	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
GiH6	1,5-2 ton dolokal (15% Mg)	10 ton Soilfeed	-



Figuur 12.5. Geadviseerde herstelmaatregelen per locatie in de Ginkelse heide.

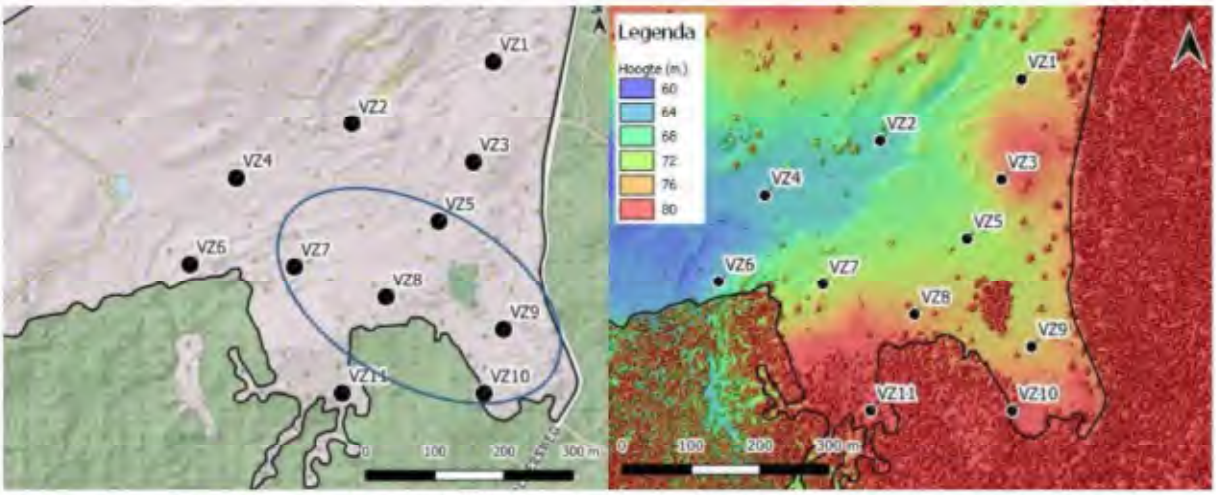
13. Veluwezoom

13.1 Gebiedsomschrijving en omschrijving boorlocaties

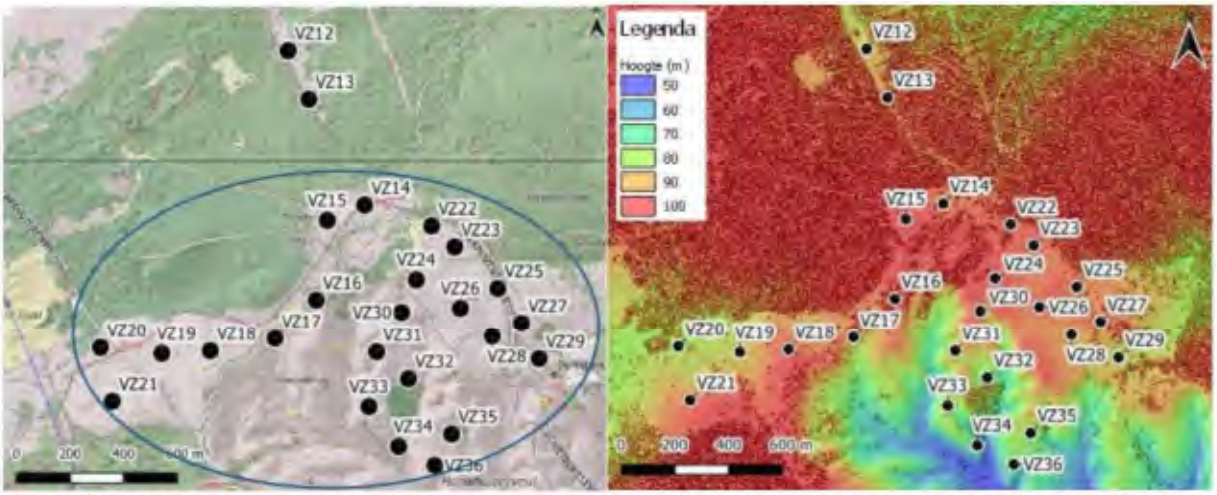
Ten noorden van Rheden en in het zuidoosten van de Veluwe ligt de Veluwezoom, een gebied van ruim 5000 hectare met loof- en naaldbos, zandverstuivingen en heide. Een reliëfrijk gebied met hoge heuvels gevormd door de gletsjer van de voorlaatste ijstijd en diepe dalen in het landschap geërodeerd door diens smeltwater. Daarnaast is in de laatste ijstijd door de wind veel löss (leemachtige grondsoort met fijne korrelgrootte) uit de drooggevallen delen van de Noordzee landinwaarts verplaatst. Deze löss is ook in delen van de Veluwezoom neergedaald.

De zadelsprinkhaan is al sinds 1820 bekend van de Veluwezoom en momenteel te vinden in twee kerngebieden; het Herikhuizerveld (zuidelijk) en de Rheder- en Worth-rhederheide (centraal). Over de jaren is de populatie gekrompen, maar lijkt stabiel te zijn met een huidige populatie van waarschijnlijk meer dan 100 individuen (Felix et al., 2019).

In de Veluwezoom zijn 36 bodemmonsters genomen waarvan er 11 liggen in het centrale deel (Figuur 13.1) en 25 in het zuidelijke deel (Figuur 13.2). Monsterpunten VZ5, 7-10 en 14-36 waren gelegen in het populatiegebied van de zadelsprinkhaan.

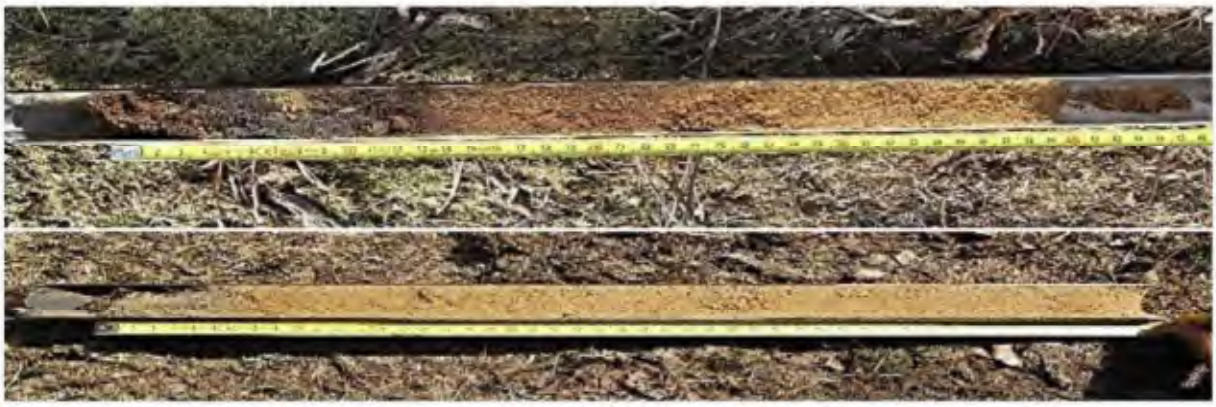


Figuur 13.1. Overzicht van de noordelijke monsterpunten in de Veluwezoom (zwart omlijnd) op een topografische kaart (links) en hoogtekaart (rechts). Monsterpunten gelegen in het populatiegebied van de zadelsprinkhaan zijn blauw omcirkeld. Bron: PDOK.



Figuur 13.2. Overzicht van de zuidelijke monsterpunten in de Veluwezoom op een topografische kaart (links) en hoogtekaart (rechts). Monsterpunten gelegen in het populatiegebied van de zadelsprinkhaan zijn blauw omcirkeld. Bron: PDOK.

De bodemprofielen van de twee gebieden van monstername waren overeenkomend. Meestal bestonden deze uit podzolbodems en, voornamelijk in het centrale deel, ook vaaggronden van fijn zand (Figuur 13.3). Regelmatig werd grind aangetroffen in de bodem variërende van fijn tot grof, maar was vooral in de lagen dieper dan 10 centimeter.



Figuur 13.3. Foto bodemguts van de monsterpunten met een podzolbodem (boven) en met een vaagggrond (onder).

12.4 Vegetatiebeschrijving

Het grootste deel van de monsterpunten bevonden zich op een open stuk te midden van hoge aaneengesloten stukken Struikhei. De open stukken waren grazig (VZ6, 7, 12, 19-22, 25, 27, 30 en 34) of mossig (VZ15, 16, 18, 22, 23, 32, 33 en 36) (Figuur 13.4). In de grazige punten werd aangetroffen: Grove den, Blauwe bosbes (*Vaccinium myrtillus*), Brem, Struikhei, Dophei, Liggend walstro, Madeliefje (*Bellis perennis*), Bochtige smele, Pilzegge, Heideklauwtjesmos, Grijs kronkelsteeltje, Gaffeltandmos en Open rendiermos. Op de plekken tussen de Struikhei waar mos dominant was, was Heideklauwtjesmos de dominante vegetatie. Hiernaast groeide hier en daar ook Struikhei, Blauwe bosbes, Heidespurrie, Brem, Schapenzuring, Pijpenstrootje en Bochtige smele. Een ander substantieel deel van de monsterpunten lag tussen een structuurrijke heide (VZ1-5, 8, 9, 14, 24, 26) waar Struikhei werd afgewisseld met laag groeiende kruiden (vooral Schapenzuring) en grassen (vaak Bochtige smele en Pijpenstrootje) en ook plekken met open bodem (vooral bij monsterpunt VZ2 en 4) (Figuur 13.4). Hiernaast groeide op deze plekken ook Liggend walstro, Gewoon biggenkruid, Brem, Kruipbrem, Braam, jonge Struikhei, Fijn schapengras, Buntgras, Pilzegge, Heideklauwtjesmos en Haarmos. Twee monsterpunten (VZ10 en 11) lagen op een bosrand, maar hadden een lage diversiteit in plantensoorten overeenkomend met de grazige en mosplekken tussen de heide (Figuur 13.5). Monsterpunt VZ17 lag op een kapvlakte waar de bodem vooral bezaaid was met stukjes hout (Figuur 13.5). De vegetatie bestond voornamelijk uit mossen (Gaffeltandmos, Klauwetjesmos (*Hypnum sp.*) en Grijs kronkelsteeltje) en er groeide Wilde lijsterbes (*Sorbus aucuparia*), Grove den en Schapenzuring. En als laatste waren monsterpunten VZ13, 28, 29, 31 en 35 gelegen vergraste heide waar Pijpenstrootje dominant was (Figuur 13.6).

Figuur 13.4. Grazige plekken tussen de Struikhei (boven), mos gedomineerde plekken tussen de Struikhei (midden) en structuurrijke heide met verspreid ook open bodem (onder).

60246 0035

Figuur 13.5. Bosrand vegetatie met verspreid veel dode Grove den (links) en monsterpunt VZ17 waar recent bomen zijn verwijderd en voornamelijk mos gedomineerd was (rechts).

Figuur 13.6. Vergraste heide met dominantie van Pijpenstrootje.

12.5 Resultaten en advies

In dit gebied is nog een populatie van zadelsprinkhaan aanwezig nabij monsterlocaties VZ5, 7-10 en 14-36. Ook voor dit terrein gelegen in de Veluwe werd als belangrijkste knelpunt de lage Ca-beschikbaarheid en lage basenverzadiging geconstateerd. De Al/Ca-ratio viel daarentegen over het algemeen binnen de ranges voor het voorkomen van kruiden in de heide (<2 mol/mol). Ook de bodem-pH viel binnen of net buiten de range gemeten in kruidenrijke heiden. Op ruim de helft van de bemonsterde locaties werd een licht tot sterk verhoogde ammoniumconcentratie in de bodem gemeten. Hiermee vormt ammonium daar ook een knelpunt voor de ontwikkeling van kruidenrijke heide. De bodem in de Veluwezoom was niet sterk verrijkt met fosfaat met concentraties variërend van 271 tot 818 µmol/l bodem. Op locaties VZ11, 13, 31-33 en 35 werd een indicatie voor een scheve N/P-ratio in de vegetatie gevonden vanwege een te hoge stikstofrijkdom in de bodem. Op deze locaties zijn aanvullende maatregelen nodig om de stikstofconcentraties in de bodem te verlagen.

Tabel 13.1a. Belangrijkste bodemchemische parameters in zoutextractie (0,2M NaCl) waarbij concentraties in µmol/l zijn gegeven, strontiumextractie met basenverzadiging (BV) in procenten en cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie (P-t) uit een destructie in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. Groen= binnen referentiewaarden voor kruidenrijke heide, geel = net buiten range voor kruidenrijke heide, rood = ver buiten range voor kruidenrijke heide. Referentiewaarden staan weergegeven in Tabel 1.1. Locaties met aanwezigheid zadelsprinkhaan zijn blauw gearceerd.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
VZ1	SH	3,0	447	1,9	3,3	1167	606	274	270	37	2,6	164	227	1,9	12,0	23,3	nee
VZ2	SH	5,6	706	2,7	3,4	1754	1200	200	460	88	3,4	113	127	1,5	7,8	26,7	nee
VZ3	SH	3,8	285	2,0	3,5	1317	831	334	260	30	1,0	81	137	1,6	12,1	25,7	nee
VZ4	SH	0,7	521	2,1	3,8	742	423	259	194	24	1,5	75	71	1,7	12,8	12,1	nee
VZ5	SH	4,1	621	2,2	3,3	879	492	342	453	11	3,1	70	269	1,8	18,5	24,8	nee
VZ6	DH	5,2	524	2,2	3,3	872	1472	338	542	85	6,4	72	153	0,6	23,1	29,5	nee
VZ7	DH	5,0	550	2,4	3,4	793	757	255	318	12	3,4	40	208	1,0	16,4	17,6	nee
VZ8	SH	3,6	474	2,3	3,2	1065	664	423	255	31	6,4	82	580	1,6	12,8	21,2	nee
VZ9	SH	3,6	379	1,8	3,3	851	461	207	149	20	4,3	69	92	1,8	10,7	18,5	nee
VZ10	SH	4,4	318	2,0	3,2	1460	748	229	415	46	1,6	61	247	2,0	9,7	30,2	nee
VZ11	DH	5,1	458	2,4	3,2	1471	969	486	639	49	2,1	40	1413	1,5	13,4	28,5	ja
VZ12	DH	4,5	469	2,0	3,3	1144	784	309	391	26	1,6	72	330	1,5	11,6	18,5	nee
VZ13	DH	5,5	394	2,0	3,2	1164	1001	412	776	72	4,1	157	477	1,2	10,8	27,1	ja
VZ14	SH	2,6	443	1,9	3,6	678	357	209	119	32	3,1	117	90	1,9	10,1	11,0	nee
VZ15	SH	2,3	373	1,3	3,3	891	577	296	272	22	2,2	60	197	1,5	15,3	18,1	nee
VZ16	SH	1,3	338	1,6	3,8	579	285	203	116	14	4,2	120	71	2,0	12,2	8,9	nee
VZ17	DH	12,7	522	1,6	3,1	980	580	119	174	27	2,8	51	89	1,7	14,0	24,4	nee
VZ18	SH	3,5	420	1,6	3,3	823	662	211	373	26	5,8	55	118	1,2	15,7	17,3	nee
VZ19	SH	3,2	422	1,5	3,5	693	549	356	243	39	2,0	81	405	1,3	14,9	15,0	nee
VZ20	SH	4,3	317	2,3	3,4	1708	106	380	117	6	1,2	123	240	16,1	2,9	24,1	nee
VZ21	SH	3,8	494	1,9	3,2	1017	569	447	340	35	2,6	81	186	1,8	11,6	21,4	nee
VZ22	DH	5,5	587	2,1	3,3	812	627	215	158	45	4,4	111	61	1,9	13,0	18,0	nee
VZ23	DH	5,6	498	2,1	3,3	760	314	200	210	27	3,8	106	162	2,4	16,5	13,9	nee
VZ24	DH	7,2	600	2,5	3,2	1069	798	231	348	96	3,7	144	135	1,3	10,8	21,8	nee
VZ25	DH	5,0	818	4,0	3,4	2098	755	500	575	74	3,1	107	721	2,8	7,5	30,8	nee
VZ26	DH	5,5	794	2,4	3,2	920	1266	439	608	79	10,0	69	234	0,7	20,6	24,0	nee
VZ27	DH	11,5	678	2,8	3,2	2061	1255	400	651	123	2,4	211	508	1,6	13,2	36,8	nee
VZ28	DH	8,0	805	3,3	3,5	1606	1299	1023	567	75	1,2	124	918	1,2	17,5	31,0	nee
VZ29	DH	8,3	636	4,0	3,4	2881	533	434	339	48	1,8	203	218	5,4	7,0	37,8	nee
VZ30	DH	5,6	475	1,7	3,1	997	907	286	334	78	5,1	133	156	1,1	15,5	21,2	nee
VZ31	DH	11,1	365	2,1	3,5	1828	1244	617	432	74	0,9	84	548	1,5	15,2	32,5	ja
VZ32	DH	6,3	482	2,1	3,4	1060	1209	842	599	96	1,6	142	744	0,9	17,9	27,9	ja
VZ33	DH	5,8	488	1,7	3,2	1483	536	556	333	33	1,4	86	1147	2,8	8,3	26,8	ja
VZ34	DH	5,9	321	1,3	3,2	525	1640	251	538	68	5,1	108	323	0,3	29,0	30,2	nee
VZ35	DH	6,9	271	1,8	3,4	1654	1278	487	440	98	0,9	118	357	1,3	14,3	30,2	ja
VZ36	SH	3,9	356	1,6	3,3	625	1927	309	784	55	2,6	83	210	0,3	22,6	16,2	nee

60246 0035

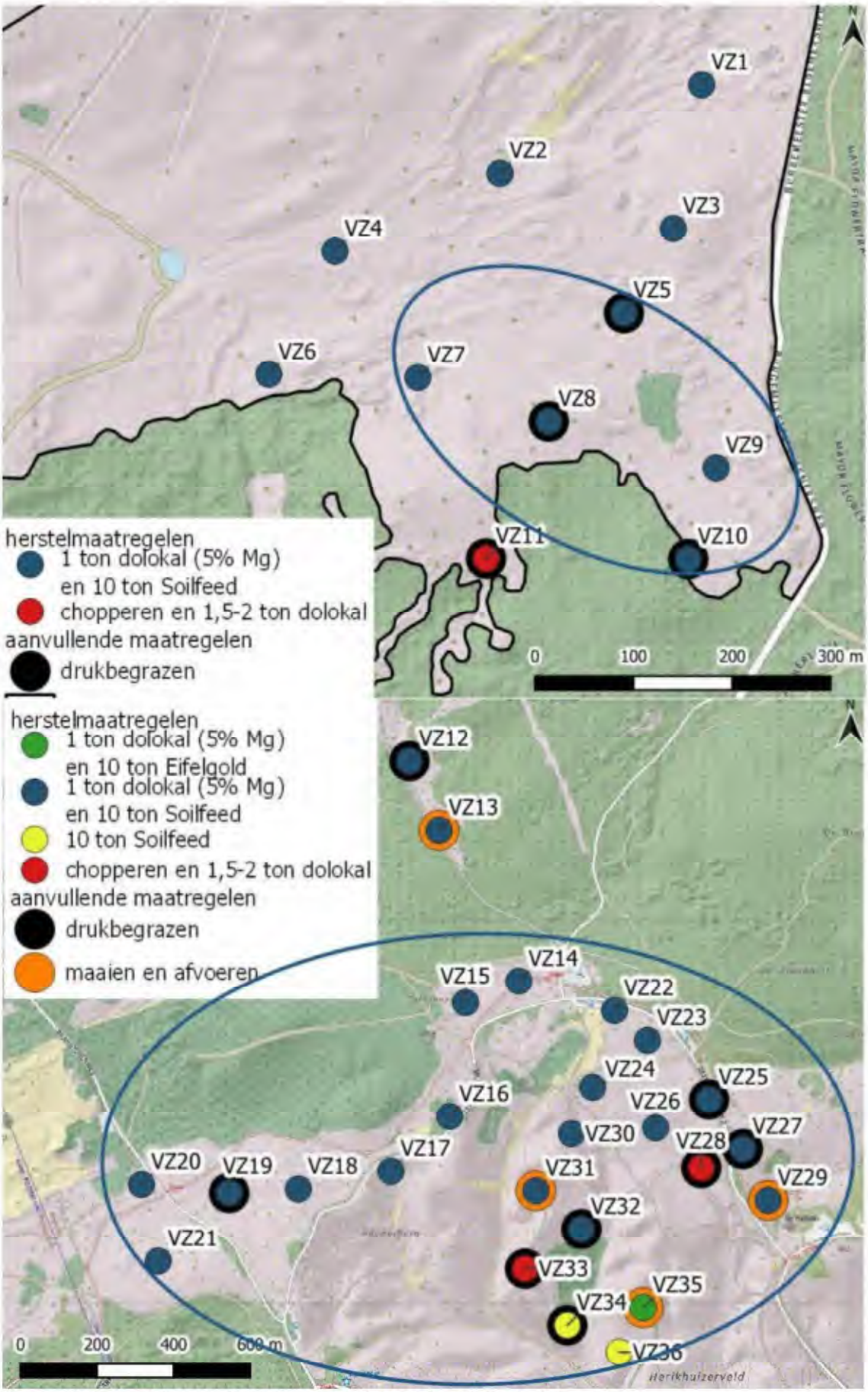
Voor de onvoldoende gebufferde locaties in droge heide (VZ6, 7, 11-13, 17 en 22-35) en stuifzandheide (VZ1-5, 8-10, 14-16, 18-21 en 36) wordt geadviseerd om voor snel herstel van de bodem te kiezen door een kalkgift van 1 ton dolokal (5% Mg) op te brengen, eventueel in combinatie met een kaliumrijk steenmeel (10 ton Soilfeed/ha). Op locaties VZ34 en 36 kan vanwege de al hoge Ca-beschikbaarheid ook gedacht worden aan geleidelijk herstel met een steenmeelgift van 10 ton Soilfeed/ha. Voor locatie VZ35 wordt naast een kalkgift ook een steenmeelgift met een P-rijk steenmeel als Eifelgold geadviseerd vanwege de overmaat aan stikstof ten opzichte van de relatief lage fosfaatconcentratie van 271 µmol/l Olsen-P in de bodem.

Vanwege de zeer hoge ammoniumconcentraties in de bodem op locaties VZ11, 28 en 33 wordt geadviseerd om te chopperen in combinatie met een dolokalgift van 1,5-2 ton/ha. Na chopperen wordt geadviseerd om met drukbegrazing de dominantie van grassen te onderdrukken. Een andere optie is branden in de winter gevolgd door drukbegrazing. Ook voor locaties met matig verhoogde ammoniumconcentraties in de bodem of dominantie van Pijpenstrootje (VZ5, 8, 10, 12, 13, 19, 25, 27, 31, 32, 34 en 35) wordt geadviseerd om met drukbegrazing of maaien en afvoeren (verdere) vergrassing te voorkomen, de ammoniumconcentraties in de bodem te verlagen en daarmee de N/P-ratio op locatie VZ13, 31 en 32 te verbeteren.

60246 0035

Tabel 13.1b. Advies voor snel en geleidelijk herstel per locatie, dosering in ton/ha. Voorkeur advies op basis van expert judgement zijn grijs gearceerd.

Locatie	advies voor snel herstel	advies voor geleidelijk herstel	aanvullende maatregelen
VZ1	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ2	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ3	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ4	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ5	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
VZ6	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ7	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ8	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
VZ9	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ10	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
VZ11	chopperen + 1,5-2 ton dolokal	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
VZ12	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
VZ13	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	maaien en afvoeren
VZ14	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ15	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ16	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ17	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ18	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ19	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
VZ20	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ21	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ22	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ23	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ24	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ25	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
VZ26	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ27	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
VZ28	chopperen + 1,5-2 ton dolokal	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
VZ29	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	maaien en afvoeren
VZ30	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-
VZ31	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	maaien en afvoeren
VZ32	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
VZ33	chopperen + 1,5-2 ton dolokal	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
VZ34	0,5 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	drukbegrazen
VZ35	1 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Eifelgold	10 ton Eifelgold	maaien en afvoeren
VZ36	0,5 ton dolokal (5% Mg) + 10 ton Soilfeed	10 ton Soilfeed	-

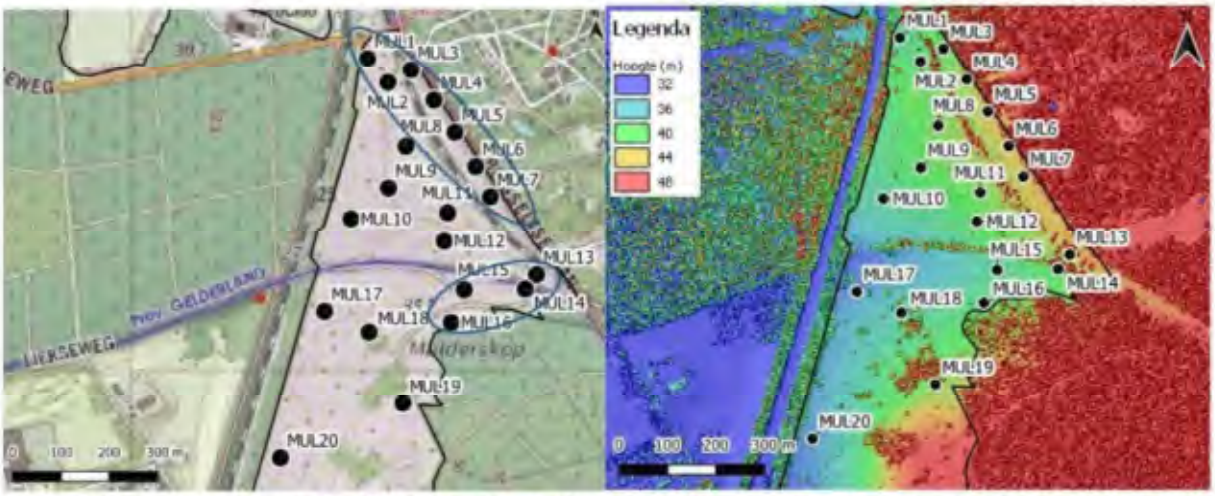


Figuur 13.7. Geadviseerde herstelmaatregelen per locatie in de Veluwezoom.

14. Rijk van Nijmegen

14.1 Inleiding Rijk van Nijmegen

Het Rijk van Nijmegen is een streek die vele natuurgebieden omvat waaronder de vier gebieden waarin de bodemchemie onderzocht is: Mulderskop, Zweefvliegterrein, Heumensoord en het Groesbeekse bos. In totaal zijn in het Rijk van Nijmegen 27 bodemmonsters genomen, waarvan 20 in Mulderskop (Figuur 14.1), drie in het zweefvliegterrein (Figuur 14.10), één op de heide in het Groesbeekse bos (Figuur 14.13) en drie in Heumensoord (Figuur 14.16). De gebieden liggen alle ten westen van de stuwwal bij Nijmegen op de spoelzandwaaier en droogdalen gecreëerd door de gletsjer van de voorlaatste ijstijd. In deze gebieden is door smeltwater grind en grof zand afgezet waarna er voornamelijk podzol gronden in deze gebieden ontstonden. De gebieden verschillende in reliëf tussen elkaar waarvan Mulderskop en het Groesbeekse bos reliëf rijk waren met hoogteverschillen van 16 en 15 meter, respectievelijk (Figuur 14.1 en 14.13). Het zweefvliegterrein en Heumensoord waren relatief reliëf arm met geleidelijke overgangen (Figuur 14.10 en 14.16).



Figuur 14.1. Overzicht van de monsterpunten in de Mulderskop (zwart omlijnd) op een topografische kaart (links) en hoogtekaart (rechts). Monsterpunten gelegen in het populatiegebied van de Zadelsprinkhaan zijn blauw omcirkeld. Bron: PDOK.

14.2 Mulderskop

14.2.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties

Mulderskop is een natuurgebied met voornamelijk droge heide van ongeveer 35 hectare en ligt ten dele in de Provincie Gelderland en Limburg. Het gebied loopt taps toe richting het noorden en wordt begrensd door de spoorbaan aan de linkerkant en rechts door de Biesseltsebaan. Delen van de Mulderskop zijn eind jaren zestig van de vorige eeuw grotendeels dicht gegroeid en het gebied is opnieuw opengemaakt eind jaren zeventig van de vorige eeuw waarna er in 2010 vanuit project Heiderijk in het zuiden meer bos gekapt is voor leefgebied uitbreiding van onder andere de zadelsprinkhaan. Momenteel heeft de zadelsprinkhaan een populatie, die lijkt uit te breiden, in het noordoosten van de Mulderskop langs de voormalige spoorbaanverbinding tussen Nijmegen en Kleef (MUL1-7). En ook lijkt er een beginnende populatie te ontstaan in het zuidelijk deel dat recent is ontwikkeld waar de zadelsprinkhaan naartoe is uitgebreid (MUL13-16).

De twee noordelijkste monsterpunten MUL1 en 2 liggen in een gedeelte van het terrein waar veel mensen en waarschijnlijk ook honden met regelmaat langskomen. Het gutsprofiel was hier gevuld met donkerbruin zand zonder een duidelijke gelaagdheid en fijn grind (Figuur 14.2). Monsterpunten MUL3 tot en met 5 lagen langs het voormalige spoorlijntje. Alle drie de bodems bevatte zand met grind en bij MUL4 ook nog een lichte leem fractie (Figuur 14.3). Bij MUL3 was het zand voornamelijk donkerbruin en de fractie lichtbruin zand werd steeds groter richting MUL5. Monsterpunten MUL6 en

7 waren de twee zuidelijke monsterpunten langs het spoorlijntje, maar deze verschilde erg van de vorige drie monsterpunten. Bij monsterpunt MUL6 was recentelijk bodem afgegraven en dit stuk lag 20 à 30 centimeter lager waardoor de bodem enkel bestond uit het (normaal) dieper gelegen licht bruine zand met veel grind erdoorheen (Figuur 14.4). Monsterpunt MUL7 lag wat hoger dan MUL6 en het bodemprofiel had aan de bovenkant ook meer organisch zand. Bij de centraal gelegen monsterpunten (MUL8, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 18 en 19) bestond de bodem uit donker organisch zand met soms een fractie leem (MUL8, 9, 11 en 12) en grind (MUL8, 9, 11 en 13). Monsterpunt MUL16 kende een grindige en licht lemige bodem.

14.2.2 Vegetatiebeschrijving

MUL1 en 2 waren voornamelijk gedomineerd met Pijpenstrootje en hier groeide ook Witbol en Braam die mede voedselrijke condities indiceerde. Tussen de pollen Pijpenstro groeide ook Bochtige smele, enkele struiken Struikhei, Grove den zaailingen en ook een Stekelbrem (Figuur 14.2). Bij monsterpunten MUL3 tot en met 5 was de vegetatie zeer gelijkend met aan de rand van het gebied Zomereik, Wilde lijsterbes en Brem (Figuur 14.3). Meer richting het monsterpunt nam de hoogte van de vegetatie af en was het vooral een afwisseling van Struikhei en Pijpenstrootje. Onder de vegetatie was meestal ook Heideklauwtjesmos aanwezig. Het afgegraven stuk bij monsterpunten MUL6 en 7 bevatte weinig vegetatie met enkele ontkiemde Struikhei, Grove den en Haarmos die koloniseerde vanaf de zijkanten (Figuur 14.4). Monsterpunt MUL7 lag iets hoger en zag eruit als minder recent afgegraven. Desalniettemin, was de vegetatie zeer open met veel open bodem (Figuur 14.5). De Struikhei die hier groeide was ook zeer laag, daarnaast groeide er Bochtige smele, Pijpenstrootje en Haarmos. Meer centraal in het gebied liggen monsterpunten MUL8, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 18 en 19 die alle qua vegetatie gelijkend waren met Struikhei (vaak hoog) met, meestal, Pijpenstrootje in de ruimtes ertussen (Figuur 14.6). Bij monsterpunt MUL10 en 19 was Pijpenstrootje grotendeels vervangen door Heideklauwtjesmos, Pilzegge en Fijn schapengras (Figuur 14.7). De vegetatie bij monsterpunt MUL14 en 15 was ook opvallend verschillend waar voornamelijk Brem in de directe omgeving groeide (Figuur 14.8). Struikhei groeide hoog bij monsterpunt MUL16 en daartussen af en toe een open plek met kale bodem waar oppervlak grind lag.

Figuur 14.2. Indruk van de vegetatie bij locatie MUL1 en 2 (links) en de bijbehorende foto van de bodemguts (rechts).

Figuur 14.3. Indruk van de vegetatie bij locatie MUL3, 4 en 5 (links) en de bijbehorende foto van de bodemguts (rechts).

Figuur 14.4. Indruk van de vegetatie bij locatie MUL6 (links) en de bijbehorende foto van de bodemguts (rechts).

Figuur 14.5. Indruk van de vegetatie bij locatie MUL7 (links) en de bijbehorende foto van de bodemguts (rechts).

Figuur 14.6. Indruk van de vegetatie bij locatie MUL8, 9, 11-13, 17 en 18 (links) en de bijbehorende foto van de bodemguts.

Figuur 14.7. Indruk van de vegetatie bij locatie MUL10 (links) en de bijbehorende foto van de bodemguts (rechts).

Figuur 14.8. Indruk van de vegetatie bij locatie MUL14 en 15.

14.2.3 Resultaten en advies

In terrein de Mulderskop werden locatie MUL1 tot en met 7 en MUL13 tot en met 16 bemonsterd in het populatiegebied van de zadelsprinkhaan. In de Mulderskop vormde ammonium het grootste knelpunt (Tabel 14.1). Op vijf locaties na was de ammoniumconcentratie in de bodem matig tot sterk verhoogd met concentraties tot 2934 µmol/l bodem, terwijl locaties onder de 200 µmol/l gemeten werden in kruidenrijke heiden (Tabel 1.1). Daarnaast was ook de basenverzadiging te laag en viel de Ca-beschikbaarheid op de meeste locaties (ver) onder de range voor het voorkomen van kruiden in de heide. De Al/Ca-ratio daarentegen was over het algemeen voldoende laag (<2 mol/mol) en de bodem-pH was over het algemeen voldoende hoog (>3,5). De beschikbare fosfaatconcentraties in de bodem waren niet zeer hoog met concentraties onder de 700 µmol/l bodem Olsen-P. Op het afgegraven stuk bij locatie MUL6 was de Olsen-P concentratie in de bodem laag met 163 µmol/l bodem. Dergelijke lage P-concentraties zijn mogelijk ongunstig voor het voorkomen van de zadelsprinkhaan, met name als de stikstofconcentraties in de bodem relatief hoger zijn, wat op deze locatie (nog) niet het geval is. Voor deze locatie wordt geadviseerd om naast bufferherstelmaatregelen ook een lichte fosfaatgift toe te dienen of een P-rijk steenmeel als Eifelgold (10 ton/ha). Op locaties MUL3, 9, 11, 14 en 18 werd een indicatie voor een scheve N/P-ratio in de vegetatie gevonden vanwege een te hoge stikstofrijkdom in de bodem. Op deze locaties zijn aanvullende maatregelen nodig om de stikstofconcentraties in de bodem te verlagen.

Tabel 14.1a. Belangrijkste bodemchemische parameters in zoutextractie (0,2M NaCl) waarbij concentraties in µmol/l zijn gegeven, strontiumextractie met basenverzadiging (BV) in procenten en cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie (P-t) uit een destructie in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. DH= droge heide. Groen= binnen referentiewaarden voor kruidenrijke heide, geel = net buiten range voor kruidenrijke heide, rood = ver buiten range voor kruidenrijke heide. Referentiewaarden staan weergegeven in Tabel 1.1. Locaties met aanwezigheid zadelsprinkhaan zijn blauw gearceerd.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
MUL1	DH	8,2	860	3,3	3,5	1737	2236	435	895	75	2,5	115	204	0,8	19,5	44,7	nee
MUL2	DH	9,5	518	3,4	3,1	1831	1865	611	542	143	2,8	241	89	1,0	16,3	43,5	nee
MUL3	DH	6,3	334	2,0	3,7	1113	961	615	459	88	0,6	57	629	1,2	19,4	28,2	ja
MUL4	DH	7,2	563	3,4	4,1	1068	1148	587	404	100	1,3	144	1393	0,9	15,0	30,7	ja
MUL5	DH	1,5	351	2,8	4,2	835	718	411	226	60	1,5	62	74	1,2	21,7	19,1	nee
MUL6	DH	2,6	163	3,5	4,3	567	77	238	38	17	0,2	43	43	7,9	14,3	8,1	nee
MUL7	DH	7,2	402	2,4	3,9	1355	844	300	275	40	0,8	42	865	1,3	16,0	28,0	ja
MUL8	DH	8,3	402	2,9	3,8	1495	1721	1760	1221	90	1,0	908	1443	0,9	26,1	34,7	ja
MUL9	DH	7,0	264	2,3	3,9	1698	646	774	424	13	1,2	14	707	2,6	14,7	26,5	ja
MUL10	DH	9,8	708	3,6	3,7	1553	1604	1757	1172	38	1,4	83	871	1,0	18,9	36,8	nee
MUL11	DH	5,9	387	2,3	4,0	992	848	1153	378	46	0,5	898	175	1,2	22,8	22,9	ja
MUL12	DH	7,4	285	2,4	3,7	1935	299	584	269	8	0,6	13	281	6,5	9,4	35,0	nee
MUL13	DH	9,8	516	3,9	3,5	1609	1796	326	619	54	0,8	51	325	0,9	16,9	40,3	nee
MUL14	DH	5,0	461	4,3	4,2	894	706	583	348	43	1,7	66	669	1,3	15,9	22,1	ja
MUL15	DH	3,9	365	4,6	4,2	931	295	329	118	34	0,3	139	298	3,2	12,8	15,8	nee
MUL16	DH	5,3	417	3,7	4,0	1886	89	192	94	5	0,6	16	5	21,2	5,6	23,2	nee
MUL17	DH	10,4	537	2,9	3,4	2003	1617	1025	1058	45	1,9	63	1325	1,2	13,9	42,0	ja
MUL18	DH	13,3	483	3,1	3,5	2010	1248	594	583	133	1,5	207	579	1,6	13,4	38,7	ja
MUL19	DH	8,1	836	4,7	3,8	1441	2293	340	667	77	1,6	201	557	0,6	25,8	34,1	nee
MUL20	DH	11,7	553	3,6	3,6	1506	2041	1267	1154	34	2,3	194	2934	0,7	21,5	45,8	ja

Op onvoldoende gebufferde droge heide locaties MUL3, 5, 9-12, 14-16 en 18 wordt geadviseerd om voor snel herstel van de bodem te kiezen. Daarom wordt geadviseerd een kalkgift van dolokal (5% Mg) of kalk op te brengen (1 ton/ha). Op locaties MUL1, 2 en 13 kan vanwege de al hoge Ca-beschikbaarheid ook gedacht worden aan geleidelijk herstel door een steenmeelgift van 10 ton/ha met een Ca-rijk steenmeel als Biolit. Op locatie MUL8 en 19 is geen bufferherstel nodig.

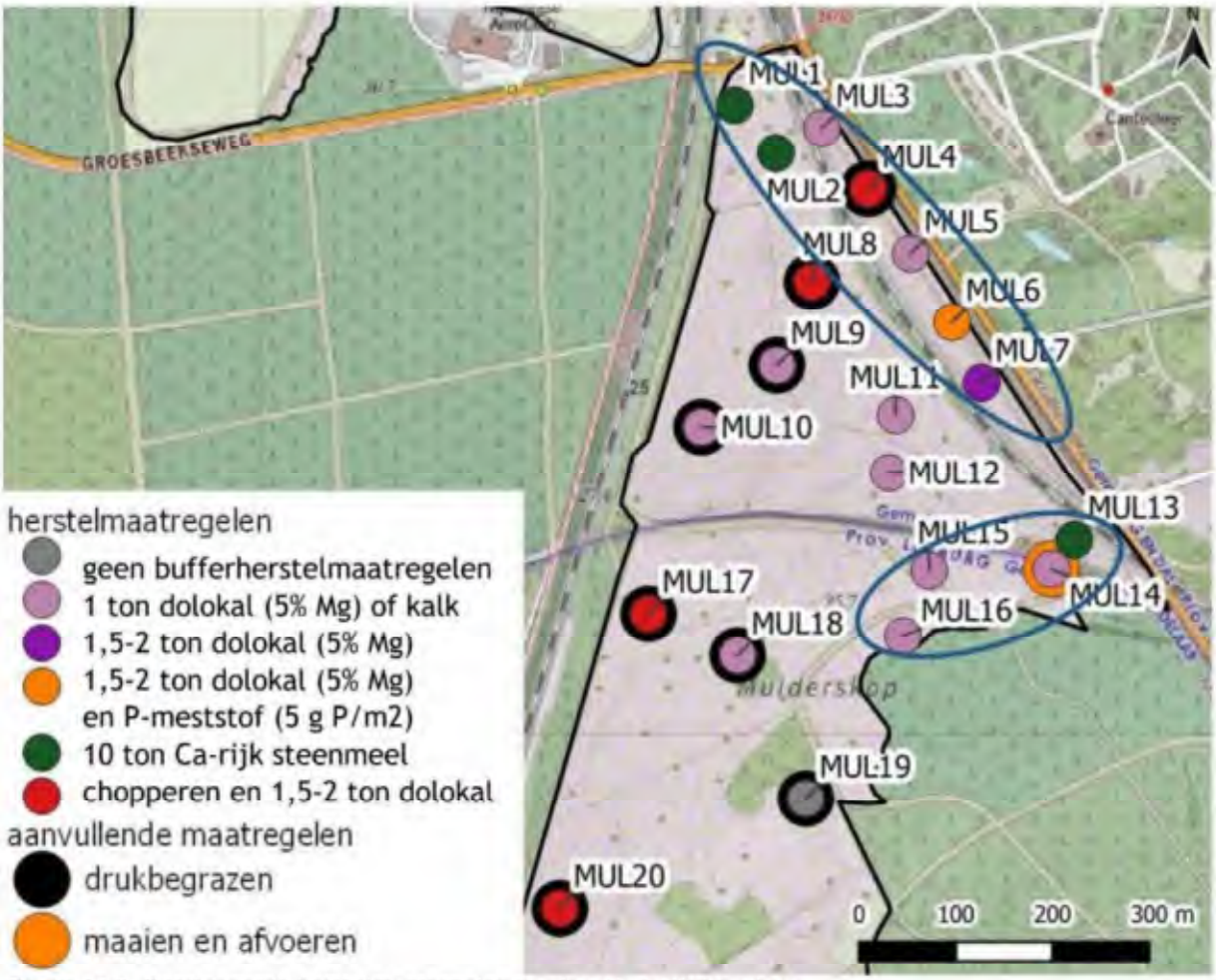
Vanwege de zeer hoge ammoniumconcentraties in de bodem op locaties MUL4, 8, 17 en 20 wordt geadviseerd om aanvullend te chopperen in combinatie met een dolokalgift van 1,5-2 ton/ha. Na chopperen wordt geadviseerd om met drukbegrazing de dominantie van grassen te onderdrukken. Voor locaties met matig verhoogde ammoniumconcentraties in de bodem (MUL9, 10, 18 en 19) wordt geadviseerd om met drukbegrazing of maaien en afvoeren (MUL14) vergrassing te voorkomen en de ammoniumconcentraties in de bodem te verlagen.

Op de recent geplagde locaties MUL6 en 7 wordt geadviseerd om te bekalken met 1,5-2 ton dolokal om een ammoniumpiek na plaggen (verder) te voorkomen en de nitrificatie te stimuleren. Op locatie MUL6 wordt vanwege de lage P-rijkdom geadviseerd om tevens een P-meststof toe te dienen (5 g P/m^2).

Tabel 14.1b. Advies voor snel en geleidelijk herstel per locatie, dosering in ton/ha. Voorkeur advies op basis van expert judgement zijn grijs gearceerd.

Locatie	advies voor snel herstel	advies voor geleidelijk herstel	aanvullende maatregelen
MUL1	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk	10 ton Ca-rijk steenmeel	-
MUL2	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk	10 ton Ca-rijk steenmeel	-
MUL3	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk	10 ton Ca-rijk steenmeel	-
MUL4	chopperen + 1,5-2 ton dolokal	10 ton Ca-rijk steenmeel	drukbegrazen
MUL5	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk	10 ton Ca-rijk steenmeel	-
MUL6	1,5-2 ton dolokal (5% Mg) + P-meststof (5 g P/m^2)	10 ton Eifelgold	-
MUL7	1,5-2 ton dolokal (5% Mg)	10 ton Ca-rijk steenmeel	-
MUL8	chopperen + 1,5-2 ton dolokal	-	drukbegrazen
MUL9	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk	10 ton Ca-rijk steenmeel	drukbegrazen
MUL10	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk	10 ton Ca-rijk steenmeel	drukbegrazen
MUL11	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk	10 ton Ca-rijk steenmeel	-
MUL12	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk	10 ton Ca-rijk steenmeel	-
MUL13	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk	10 ton Ca-rijk steenmeel	-
MUL14	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk	10 ton Ca-rijk steenmeel	maaien en afvoeren
MUL15	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk	10 ton Ca-rijk steenmeel	-
MUL16	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk	10 ton Ca-rijk steenmeel	-
MUL17	chopperen + 1,5-2 ton dolokal	10 ton Ca-rijk steenmeel	drukbegrazen
MUL18	1 ton dolokal (5% Mg) of kalk	10 ton Ca-rijk steenmeel	drukbegrazen
MUL19	-	-	drukbegrazen
MUL20	chopperen + 1,5-2 ton dolokal	10 ton Ca-rijk steenmeel	drukbegrazen

60246 0035



Figuur 14.9. Geadviseerde herstelmaatregelen per locatie in Mulderskop.

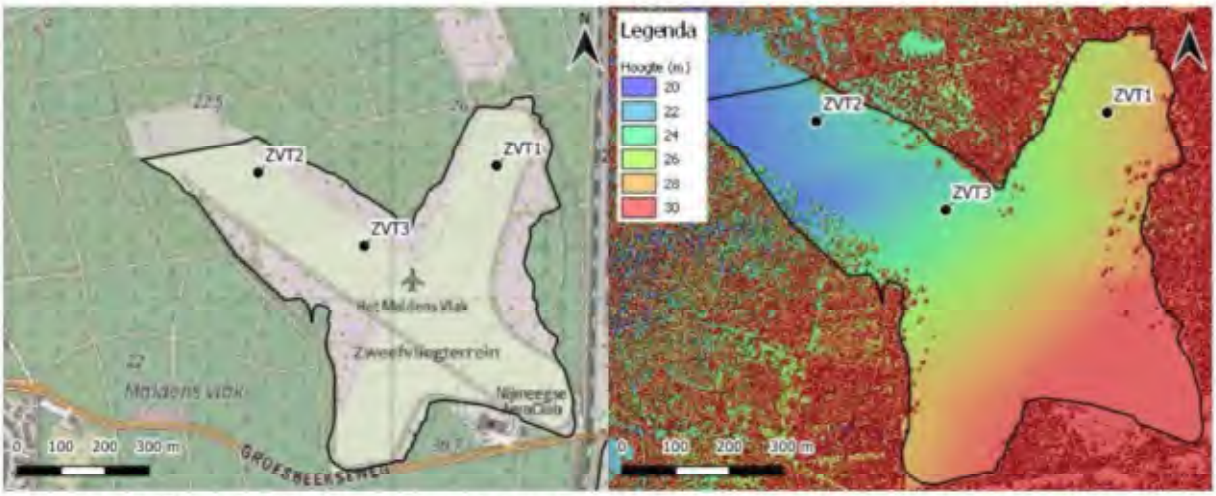
14.3 Zweefvliegterrein

14.3.1 Gebiedsomschrijving en omschrijving boorlocaties

Ten noorden van de Mulderskop aan de andere kant van de Groesbeekseweg ligt Zweefvliegterrein Malden. Het gebied is niet vrij toegankelijk en wordt beheerd met natuurbehoud in het oog. Op de landingsbanen wordt gestreefd naar een schraalgrasland en droge heide aan de rand. Het gebied herbergt een aantal rode lijst soorten als de Nachtzwaluw, Zandhagedis en Steppesprinkhaan (Krekels et al., 2003). Mogelijk kan het zweefvliegterrein voor de zadelsprinkhaan tevens dienen als "stepping stone" van Mulderskop richting Heumensoord. Tijdens monstername was de bodem zeer verdroogd en scheurde de moslaag open. De bodem bestond uit donker zand dat organisch aandeed, met een organisch stofgehalte in de bodem van 6,5 - 8,6%. De bodem was doormengt met grind en vanaf ongeveer 20 centimeter diepte lag een laag zeer rijk aan grind (Figuur 14.10).

14.3.2 Vegetatiebeschrijving

De vegetatie was zeer kort en bestond uit uitschietende Struikhei afgewisseld met vlakken Heideklauwtjesmos (Figuur 14.11). Tussen het Heideklauwtjesmos stonden ook diverse kruiden zoals: Stekelbrem (voornamelijk in de omgeving van ZVT2 en 3), Gewoon biggenkruid, Bochtige smele, Pilzegge en Pijpenstrootje.



Figuur 14.10. Overzicht van de monsterpunten in het Zweefvliegterrein (zwart omlijnd) op een topografische kaart (links) en hoogtekaart (rechts). Bron: PDOK.

*Figuur 14.11. Indruk van de zeer lage Struikhei afgewisseld met Heideklauwtjesmos (linksboven), bijbehorende foto van de bodemguts (rechtsboven) en Stekelbrem (*Genista anglica*) in bloei (onder).*

14.3.3 Resultaten en advies

Zweefvliegterrein

In het Zweefvliegterrein Malden vormde met name de lage basenverzadiging en/of te lage Ca-beschikbaarheid een knelpunt voor het voorkomen van kruiden in de heide (Tabel 14.2). De Al/Ca-ratio was op ZVT2 en 3 laag en op ZVT1 licht verhoogd met 2,3 mol/mol. De bodem-pH varieerde van 3,7-4,1 en was daarmee hoog genoeg voor kruidenrijke heides. In dit terrein werd alleen op locatie ZVT1 een licht verhoogde ammoniumconcentratie gemeten van 335 µmol/l bodem. Daarmee vormt ammonium in dit terrein geen knelpunt. Ook werd op deze locatie een flink hogere P-beschikbaarheid gemeten dan in de andere twee locaties, namelijk 1059 µmol/l tegen 436-446 µmol/l bodem in ZVT2 en 3.

In dit terrein wordt geadviseerd om de Ca-beschikbaarheid en basenverzadiging te verhogen door een kalkgift van 1,5-2 ton kalk per ha.

Tabel 14.2a. Belangrijkste bodemchemische parameters in zoutextractie (0,2M NaCl) waarbij concentraties in µmol/l zijn gegeven, strontiumextractie met basenverzadiging (BV) in procenten en cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie (P-t) uit een destructie in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. HS= heischraal. Groen= binnen referentiewaarden voor kruidenrijke heide, geel = net buiten range voor kruidenrijke heide, rood = ver buiten range voor kruidenrijke heide. Referentiewaarden staan weergegeven in Tabel 1.1. Locaties met aanwezigheid zadelsprinkhaan zijn blauw gearceerd.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
ZVT1	HS	8,6	1059	4,4	3,7	2403	1029	469	621	15	1,8	95	335	2,3	10,2	30,3	nee
ZVT2	HS	6,4	434	3,9	4,1	1062	946	721	521	86	1,1	14	150	1,1	23,7	21,7	nee
ZVT3	HS	8,2	446	4,1	3,9	1901	1653	758	821	71	1,3	15	65	1,2	17,1	30,4	nee

Tabel 14.2b. Advies voor snel en geleidelijk herstel per locatie, dosering in ton/ha. Voorkeur advies op basis van expert judgement zijn grijs gearceerd.

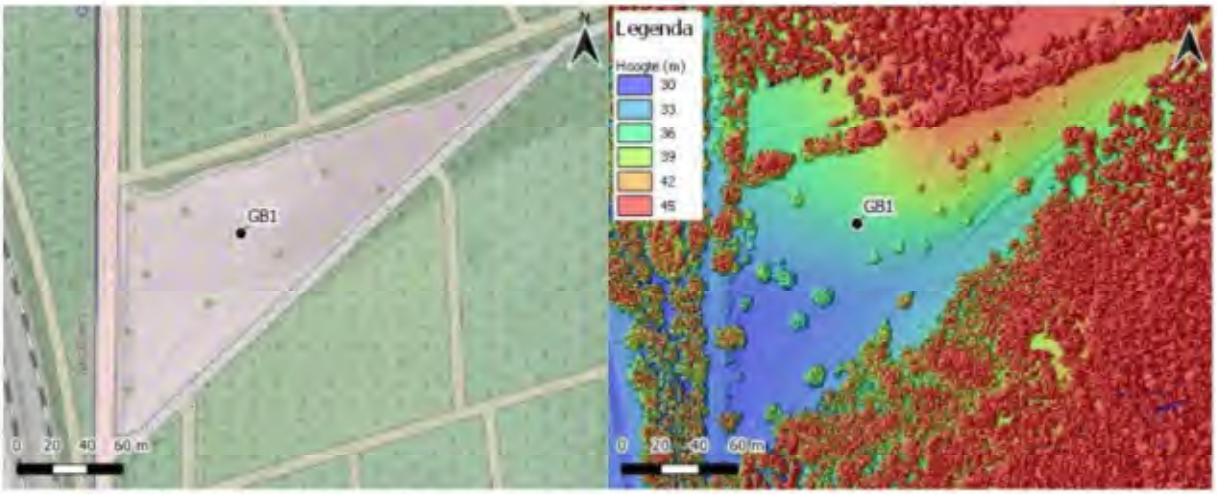
Locatie	advies voor snel herstel	advies voor geleidelijk herstel	aanvullende maatregelen
ZVT1	1,5-2 ton kalk	10 ton Ca-rijk steenmeel	drukbegrazen
ZVT2	1,5-2 ton kalk	10 ton Ca-rijk steenmeel	-
ZVT3	1,5-2 ton kalk	10 ton Ca-rijk steenmeel	-

Figuur 14.12. Geadviseerde herstelmaatregelen per locatie in het Zweefvliegterrein.

14.4 Groesbeekse bos

14.4.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocatie

Tussen het Groesbeekse bos direct ten zuiden van het terrein van Dekkerswald en aan de oostkant van de spoorlijn ligt een perceel met droge heide. Dit gebied kent een steile op het zuiden gerichte helling waar de temperatuur flink kan oplopen (persoonlijke observatie). De bodem was donker (organisch) met grind er doorheen. Het percentage grind was aanzienlijk, bestaande uit 23% van het bodemmonster.



Figuur 14.13. Overzicht van de monsterpunten in het perceel in het Groesbeekse bos op een topografische kaart (links) en hoogtekaart (rechts). Bron: PDOK.

14.4.2 Vegetatiebeschrijving

De vegetatie in het gebied bestond voornamelijk uit Heideklauwtjesmos, Struikhei en kleine afgegraasde plukken Pijpenstrootje (Figuur 14.14). In de omgeving stond ook nog Grove den.

Figuur 14.14. Indruk van de vegetatie van het perceel in het Groesbeekse bos (links) en de bijbehorende foto van de bodemguts (rechts).

14.4.3 Resultaten en advies

Uit de bodemchemische meting in het Groesbeekse bos is gebleken dat de basenverzadiging in de bodem van de droge heide wat aan de lage kant was (<25%), evenals de bodem-pH met 3,4. De beschikbare calciumconcentratie in de bodem was hoog met 2700 µmol/l bodem en de Al/Ca-ratio was laag met 0,6 mol/mol. De ammoniumconcentratie was met 238 µmol/l bodem relatief laag en de P-rijkdom van de bodem was met 393 µmol/l bodem niet te hoog voor droge heide. Vanwege de al hoge Ca-beschikbaarheid in de bodem wordt geadviseerd om de zode op enkele plekken open te schrapen, te bekalken met 1 ton kalk/ha en zaden uit te leggen om de vestiging van kruiden te stimuleren. Daarnaast wordt geadviseerd om te starten met drukbegrazing in het geval grassen gaan domineren.

Tabel 14.3a. Belangrijkste bodemchemische parameters in zoutextractie (0,2M NaCl) waarbij concentraties in µmol/l zijn gegeven, strontiumextractie met basenverzadiging (BV) in procenten en cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie (P-t) uit een destructie in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. DH= droge heide. Groen= binnen referentiewaarden voor kruidenrijke heide, geel = net buiten range voor kruidenrijke heide, rood = ver buiten range voor kruidenrijke heide. Referentiewaarden staan weergegeven in Tabel 1.1. Locaties met aanwezigheid zadelsprinkhaan zijn blauw gearceerd.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
GB1	DH	10,9	393	2,4	3,4	1598	2700	271	631	51	1,9	95	238	0,6	17,9	31,3	nee

Tabel 14.2b. Advies voor snel en geleidelijk herstel per locatie, dosering in ton/ha. Voorkeur advies op basis van expert judgement zijn grijs gearceerd.

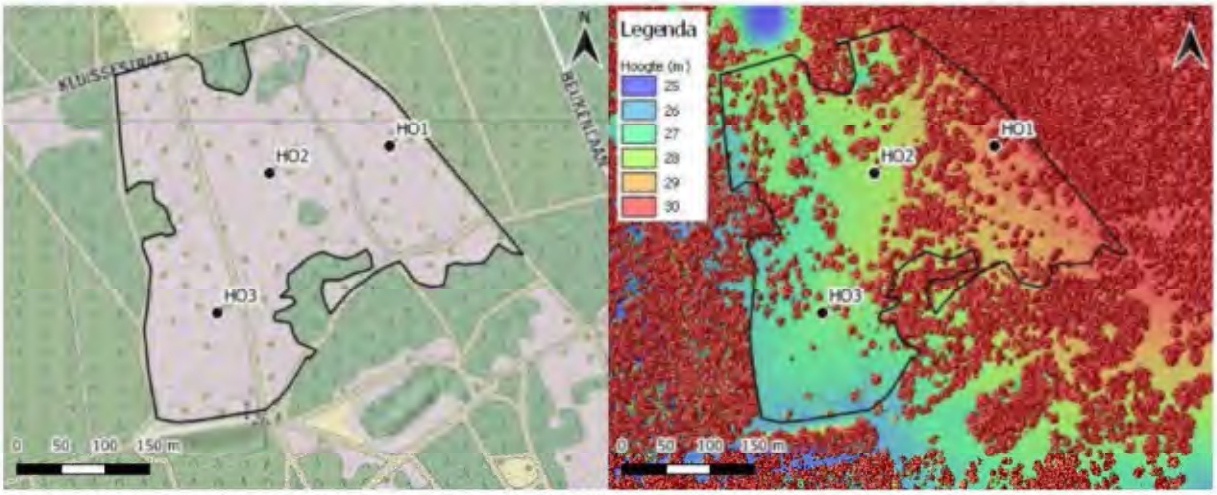
Locatie	advies voor snel herstel	advies voor geleidelijk herstel	aanvullende maatregelen
GB1	1 ton kalk	10 ton Ca-rijk steenmeel	-

Figuur 14.15. Geadviseerde herstelmaatregelen in het Groesbeekse bos.

14.5 Heumensoord

14.5.1 Gebiedsbeschrijving en omschrijving boorlocaties

Direct aansluitend aan Zuid-Nijmegen begint het ruim 500 hectare grote Heumensoord dat voornamelijk bestaat uit bos. In het gebied zijn restanten te vinden van een Romeinse wachttoren en Romeinse weg. Daarnaast loopt er ook een meer dan honderdjaar oude beukenlaan in het gebied. In de jaren 1930 liep er vanaf het noorden tot en met het zweefvliegterrein een strook met een gemengde heide en bos begroeiing die de gebieden met elkaar verbinden, maar deze is over de jaren langzaam dicht gegroeid op enkele centrale plekken na. In het noorden en westen van het gebied zijn grote stukken waar honden het gehele jaar los mogen rondlopen. De zadelsprinkhaan heeft ook een populatie gehad in het Heumensoord tot eind jaren 1980, maar is hier halverwege de negentiger jaren niet meer waargenomen (Felix et al., 2019). Het bodemprofiel zag er hier hetzelfde uit als in de bovenstaande gebieden in het Rijk van Nijmegen. Donkerbruin organisch zand met grind zonder duidelijke gelaagdheid.



Figuur 14.16. Overzicht van de monsterpunten in het Heumensoord (zwart omlijnd) op een topografische kaart (links) en hoogtekaart (rechts). Bron: PDOK.

14.5.2 Vegetatiebeschrijving

Monsterpunt HO1 en HO2 leken veel op elkaar met Struikhei verspreid uit elkaar en daartussen mos en grazige (meestal lage) vegetatie bestaande uit Heideklauwtjesmos, Bochtige smele en Pijpenstrootje (Figuur 14.17). Monsterpunt HO3 verschilde nogal van het redelijk typische beeld gevonden bij de eerdere twee monsterpunten (Figuur 14.18). Hier was Pijpenstrootjes dominant en ook groeide hier Grote brandnetel, Liggend hertshooi (*Hypericum humifusum*) en Bosveldkers (*Cardamine flexuosa*).

Figuur 14.17. Indruk van de vegetatie bij HO1 & HO2 (links en de bijbehorende foto van de bodemguts (rechts).

Figuur 14.18. Indruk van de vegetatie bij HO3 (links) en de bijbehorende foto van de bodemguts (rechts).

14.5.3 Resultaten en advies

Op locatie HO1 en 2 in het Heumensoord, met een droge heidevegetatie, werd als belangrijkste knelpunt de lage Ca-beschikbaarheid en basenverzadiging geconstateerd. De Al/Ca-ratio in de bodem was te hoog op deze twee locaties met 2,4-3,3 mol/mol. De bodem-pH daarentegen viel binnen de ranges voor kruidenrijke heide. Op locatie HO3, met een vegetatie gedomineerd door Pijpenstro, was de Ca-beschikbaarheid in de bodem hoog, de Al/Ca-ratio laag en de basenverzadiging voldoende hoog voor het voorkomen van kruiden in de heide.

Ammonium was in alle drie de bodems wat aan de hoge kant voor kruidenrijke heide, maar vormt geen (groot) knelpunt. De P-beschikbaarheid was wat hoger in locatie HO1 en 2 met 732 en 790 µmol/l bodem. Op locatie HO3 werd een sterk verhoogde P-concentratie in de bodem gemeten van 1537 µmol/l bodem, wat de dominantie van Pijpenstrootje kan verklaren.

Voor deze drie locaties wordt geadviseerd om bufferherstelmaatregelen te nemen om de basenverzadiging en/of Ca-beschikbaarheid in de bodem te verhogen. Voor HO1 en 2 wordt geadviseerd om een kalkgift van 1,5-2 ton kalk per ha. Op locatie HO3 is bufferherstel niet nodig.

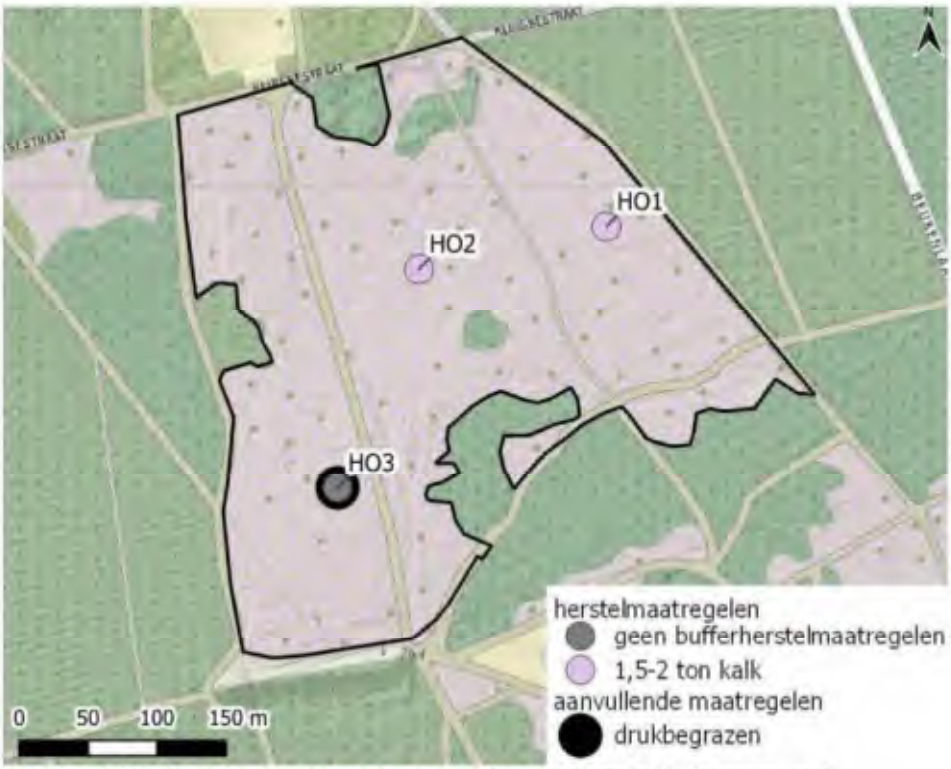
Tabel 14.4a. Belangrijkste bodemchemische parameters in zoutextractie (0,2M NaCl) waarbij concentraties in µmol/l zijn gegeven, strontiumextractie met basenverzadiging (BV) in procenten en cation exchange capacity (CEC) in meq/l bodem, Olsen-P concentratie in µmol/l bodem, totale P-concentratie (P-t) uit een destructie in mmol/l bodem en organisch stof in procenten. DH= droge heide. Groen= binnen referentiewaarden voor kruidenrijke heide, geel = net buiten range voor kruidenrijke heide, rood = ver buiten range voor kruidenrijke heide. Referentiewaarden staan weergegeven in Tabel 1.1. Locaties met aanwezigheid zadelsprinkhaan zijn blauw gearceerd.

Locatie	type	OS	Olsen-P	P-t	Zoutextractie										Strontium		indicatie scheve N/P-ratio vegetatie
					pH	Al	Ca	K	Mg	Mn	P	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC	
		%	µmol/l	mmol/l	µmol/l										%	meq/l	
HO1	DH	9,5	790	4,8	3,5	2772	845	383	479	67	2,6	117	251	3,3	8,1	37,8	nee
HO2	DH	9,3	732	5,7	3,8	1990	818	551	490	69	1,8	20	216	2,4	8,9	34,5	nee
HO3	DH	11,4	1537	5,9	3,7	1140	1481	662	1016	203	6,2	675	288	0,3	27,6	43,0	nee

Tabel 14.3b. Advies voor snel en geleidelijk herstel per locatie, dosering in ton/ha. Voorkeur advies op basis van expert judgement zijn grijs gearceerd.

Locatie	advies voor snel herstel	advies voor geleidelijk herstel	aanvullende maatregelen
HO1	1,5-2 ton kalk	1 ton dolokal + 5 ton Soilfeed	-
HO2	1,5-2 ton kalk	1 ton dolokal + 5 ton Soilfeed	-
HO3	-	-	drukbegrazen

60246 0035



Figuur 14.19. Geadviseerde herstelmaatregelen per locatie in Heumensoord.

15. Synthese en concluderende opmerkingen

Inleiding

De toestand van de bodem en het voorkomen van de zadelsprinkhaan is niet zonder meer één op één te verbinden. Voor de zadelsprinkhaan is het van belang dat er voldoende voedsel aanwezig is en van voldoende kwaliteit, in de vorm van kruiden en struikhei. Daarnaast is het van belang dat de vegetatiestructuur geschikt is. In dit onderzoek lag de focus op de relatie tussen bodemchemische condities van (potentiële) leefgebied en het voorkomen van kruiden. Daarnaast werd geprobeerd om ook de voedselkwaliteit van de vegetatie in ogenschouw te nemen, hoewel dit niet direct onderdeel was van dit onderzoek. Om tot een volledig pakket van mogelijkheden en maatregelen te komen voor uitbreiding en behoud van de zadelsprinkhaan in de Provincie Gelderland is een koppeling nodig tussen deze bodemchemische studie en vegetatieopnames en vegetatiestructuren. Natuurbalans zal deze koppeling maken, en deze rapportage daarvoor gebruiken.

Knelpunten

Hoewel de directe vertaling naar de zadelsprinkhaan moeilijk is, komen er uit deze studie wel enkele duidelijke bodemchemische aanwijzingen en signalen naar voren die zonder twijfel van invloed zijn op het succesvol voorkomen van de zadelsprinkhaan. Hiervoor werden twee "onderzoekslijnen" gevolgd. Ten eerste werd de bodemchemie van plaatsen waar de zadelsprinkhaan succesvol voorkomt vergeleken met locaties waar het slecht gaat met de zadelsprinkhaan en plekken waar deze niet meer voorkomt. Uit deze vergelijking kwam duidelijk naar voren dat de bodembuffering en fosfaatbeschikbaarheid gemeten op plekken waar de zadelsprinkhaan succesvol voorkomt significant hoger was vergeleken met de andere locaties (H3). Daarnaast werd er een duidelijk hogere mangaanbeschikbaarheid gemeten op de locaties waar het goed gaat met de zadelsprinkhaan. Over de rol van mangaan (en veel andere sporen-elementen) in het verdwijnen van fauna uit het heidegebied is nog heel erg weinig bekend. Stichting Bargerveen (5.1.2e) doet hier momenteel onderzoek naar, en ook in het recent verschenen OBN-rapport over voedselkwaliteit voor fauna in relatie tot N-depositie (Vogels *et al.*, 2020) is dit nog een kennishiaat. Het was daarom niet mogelijk om voor mangaan duidelijke hersteladviezen te geven, aangezien inzicht in het achterliggende proces en mechanisme nog ontbreekt.

De tweede onderzoekslijn bestond uit het vergelijken van de bodemchemische metingen met de database van Onderzoekcentrum B-WARE (GRIP), waarin een koppeling werd gemaakt tussen bodemchemie en het voorkomen van kruiden zoals Stekelbrem, Tormentil, Tandjesgras en Muizenoortje die kenmerkend zijn voor het droge heidelandschap (H1). Uit deze vergelijking bleek dat in alle onderzochte terreinen sprake was van een (veel) te lage basenverzadiging en calciumbeschikbaarheid (Figuur 3.3 en 3.4). Daarnaast werd in een deel van de terreinen een ongunstig hoge Al/Ca-ratio gemeten, namelijk in De Zanding, het Nationale Park de Hoge Veluwe en de Planken Wambuis (Figuur 3.4). Naast bodembuffering is ook de beschikbaarheid van ammonium in de bodem een belangrijke sturende parameter voor het voorkomen van kruiden in de heide (H1, o.a. De Graaf *et al.*, 2009 en Van den Berg *et al.*, 2005). Bij een ammoniumconcentratie hoger dan 200 µmol/l bodem verdwijnen veel kenmerkende kruiden uit de heide. In met name Ermelo en Mulderskop werden aanzienlijk hogere ammoniumconcentraties gemeten dan de grenswaarde van 200 µmol/l bodem; maar ook in Oldenbroek, Veluwezoom en Ginkelse Heide werden vaak te hoge ammoniumconcentraties gemeten (Figuur 3.6).

Uit deze analyse blijkt duidelijk dat er twee belangrijke bodemchemische sturende factoren zijn die van invloed zijn op het succesvol voorkomen van de zadelsprinkhaan. Namelijk bodembuffering, P-beschikbaarheid en NH_4-beschikbaarheid. Deze factoren kunnen direct gekoppeld worden aan 1) het voorkomen van kruiden in het heidelandschap (o.a. Vogels *et al.*, 2020, De Graaf *et al.*, 2009, GRIP database Onderzoekcentrum B-WARE) en 2) de voedselkwaliteit van de vegetatie (N/P-ratio) (o.a.

60246 0035

Vogels *et al.*, 2020; Nijssen *et al.*, 2017, Vogels *et al.*, 2017). Daarnaast blijkt uit deze analyse duidelijk dat er terreinen zijn waar zowel een N, P als verzuringprobleem speelt, terreinen waar alleen N een knelpunt vormt en terreinen waar enkel de bodembuffering te laag is.

Herstel

Om tot mogelijke herstelmaatregelen te komen werd gebruik gemaakt van de op dit moment beschikbare kennis over verschillende maatregelen. Voor bufferherstel werden steenmeel en kalkproducten als mogelijkheden onderzocht. Van kalkproducten is bekend dat deze tot snel bufferherstel leiden, met positieve effecten op de kruidenrijkdom. In enkele gevallen is gebleken dat het toedienen van kalkproducten tot ongewenste effecten voor de fauna leidde. Het achterliggende mechanisme is echter nog onvoldoende bekend, en deze negatieve effecten werden alleen waargenomen in een studie waar werd bekalkt na plaggen (Vogels *et al.*, 2020) en bij hoge doseringen (meer dan 3 ton kalk/ha, Siepel *et al.*, 2019). In vele andere studies naar bekalken in de heide werden (soms ook bij hoge doseringen) geen negatieve effecten op de fauna waargenomen (o.a. Weijters *et al.*, 2019, Verbaarschot *et al.*, 2020). Daarnaast is gebleken dat het gebruik van steenmeel als bufferherstelmaatregel in meer heischrale milieus NIET binnen 3 jaar voor duidelijk bodemchemisch herstel zorgde (Vogels *et al.*, 2020, Weijters *et al.*, 2019, Bobbink *et al.*, 2020).

Voor het verlagen van de NH_4-concentratie in de bodem zijn drukbegrazing, "standaard" begrazing en maaien (beperkt verstorend en ingrijpend) of drukbegrazing en chopperen (sterk verstorend en intensief) veel gebruikte maatregelen (zie o.a. Wallis de Vries *et al.*, 2018). Voor al deze maatregelen geldt echter dat het een kwestie van een "lange adem" is, waarbij bij chopperen aanvullende maatregelen genomen moeten worden (bekalking) tegen het optreden van een ammoniumpiek (Dorland *et al.*, 2003). Bij al deze maatregelen worden naast stikstof ook andere elementen afgevoerd, waaronder fosfaat.

Het verhogen van de fosfaatbeschikbaarheid is een relatief onbekende, en ook risicovolle herstelmaatregel. Op kleine schaal blijkt het vergroten van de P-beschikbaarheid binnen voor het heidemilieu geschikte grenzen, voor een grotere kruidenrijkdom te zorgen (Vogels *et al.*, 2020 en Verbaarschot *et al.*, in prep). Ook zijn er enkele soorten steenmeel op de markt die wat P bevatten, en waarmee goede resultaten werden behaald in veldproeven (Weijters *et al.*, 2019; Verbaarschot *et al.*, 2020). Hoe P-toediening doorwerkt in de voedselkwaliteit voor fauna, zeker in combinatie met bufferherstelmaatregelen, is nog onderwerp van onderzoek. Het toedienen van P in terreinen die rijk zijn aan N wordt afgeraden, omdat de kans op verruiging sterk toeneemt, hoewel ook hiervoor nog geen harde grenzen aan te geven zijn. Soms kan in N en P verrijkte systemen K-limitatie optreden en alsnog een redelijk soortenrijke vegetatie ontstaan.

Voor iedere locatie werd onderscheid gemaakt tussen snelwerkende en langzaamwerkende herstelmaatregelen; en onderscheid gemaakt tussen experimentele, kleinschalig uit te voeren maatregelen en maatregelen met een meer bewezen karakter. Voor iedere locatie werd ook aangegeven wat Onderzoekcentrum B-WARE als best passende maatregel adviseert op basis van de bij ons beschikbare kennis.

60246 0035

16. Literatuur

Aerts, R., Berendse, F., de Caluwe, H., & Schmitz, M. (1990). Competition in Heathland along an Experimental Gradient of Nutrient Availability. Oikos, 57(3), 310-318. JSTOR.

Andersen S. O. (2010). Insect cuticular sclerotization: a review. Insect Biochem. Mol. Biol. 40 166-178.

Bobbink, R., Bergsma, H. L. T., van den Ouden, J., & Weijters, M. J. (2017). Na het zuur geen zoet? Landschap, 34(2), 60-69.

Bobbink, R., & van der Zee, F. F. (2018). Actieplan tot redding van droge heischrale graslanden. B-WARE Research Centre.

Bobbink, R., A. van den Burg, E. Brouwer, B. van de Riet & H. Siepel (2018). Langetermijneffecten van bosbekalking en - bemesting: de Harderwijkerproef. Monitoring OBN-17-DZ. VBNE, Driebergen.

Bobbink, R., R. Loeb, E. Verbaarschot, M. Weijters, J. Vogels, H. Bergsma & F. van der Zee (2020). Werkt steenmeel als herstelmaatregel tegen bodemverzuring in heischrale graslanden? Vakblad Natuur Bos Landschap, 166: 16-19.

Broomell C. C., Zok F. W., Waite J. H. (2008). Role of transition metals in sclerotization of biological tissue. Acta Biomater. 4 2045-2051.

Burnell J.N. (1988). The Biochemistry of Manganese in Plants. In: Graham R.D., Hannam R.J., Uren N.C. (eds) Manganese in Soils and Plants. Developments in Plant and Soil Sciences, vol 33. Springer, Dordrecht.

Cribb B. W., Stewart A., Huang H., Truss R., Noller B., Rasch R., et al. (2008). Insect mandibles-comparative mechanical properties and links with metal incorporation. Naturwissenschaften 95 17-23.

de Graaf, M. C., Bobbink, R., Roelofs, J. G., & Verbeek, P. J. (1998). Differential effects of ammonium and nitrate on three heathland species. Plant Ecology, 135(2), 185-196.

de Graaf, M. C., Bobbink, R., Smits, N. A., Van Diggelen, R., & Roelofs, J. G. (2009). Biodiversity, vegetation gradients and key biogeochemical processes in the heathland landscape. Biological conservation, 142(10), 2191-2201.

De Vries, W., Maaike Weijters, Anjo de Jong, Bas van Delft, Jaap Bloem, Arnold van den Burg, Gert-Jan van Duinen, Evi Verbaarschot en Roland Bobbink (2019). Verzuring van loofbossen op droge zandgronden en herstelmogelijkheden door steenmeeltoediening. VBNE, Driebergen.

Dorland, E., R. Bobbink, J. H. Messelink & J. T. A. Verhoeven (2003). Soil ammonium accumulation after sod cutting hampers the restoration of degraded wet heathlands. Journal of Applied Ecology 40:804-814.

Felix, R. P. W. H., Bouwman, J., Braam, A., Drukker, D., Gilissen, N., Hoppenbrouwers, P., Kleukers, R., Krekels, R., & Termaat, T. (2019). De zadelsprinkhaan *Ephippiger diurnus* in Gelderland. Beheer- en herstelplan 2018. (p. 142). Natuurbalans - Limes Divergens BV., Nijmegen

Harrison J. W. H. (1928). A further induction of melanism in the lepidopterous insect, Selenia bilunaria esp., and its inheritance. Proc. R. Soc. Lond. B 102 338-347. 10.1098/rspb.1928.0009.

60246 0035

Eric Hillerton J., Robertson B., Vincent J. F. V. (1984). The presence of zinc or manganese as the predominant metal in the mandibles of adult, stored-product beetles. J. Stored Prod. Res. 20 133-137.

Horswill, P., O'Sullivan, O., Phoenix, G. K., Lee, J. A., & Leake, J. R. (2008). Base cation depletion, eutrophication and acidification of species-rich grasslands in response to long-term simulated nitrogen deposition. Environmental Pollution, 155(2), 336-349.

Krekels, R. F. M., van Hoof, P. H., & Felix, R. P. W. H. (2003). Herstel van de heide tussen Nijmegen en Mook. Beschermingsplan voor de bedreigde fauna van droge heide en heioud van oude hakhoutbosjes en boswallen (p. 136). Bureau Natuurbalans - Limes Divergens BV.

Krekels, R. F. M., van Leeuwen, J., & Felix, R. P. W. H. (2019). Projectplan zadelsprinkhaan Limburg 2019 - 2024. Natuurbalans - Limes Divergens BV.

Morgan T. D., Baker P., Kramer K. J., Basibuyuk H. H., Quicke D. L. J. (2003). Metals in mandibles of stored product insects: do zinc and manganese enhance the ability of larvae to infest seeds? J. Stored Prod. Res. 39 65-75.

Naturalis Biodiversity Center. (2018). Nederlands Soortenregister. Sprinkhanen en krekels Orthoptera.

Nijssen, M., WallisDeVries, M.F., Siepel, H. (2017). Pathways for the Effects of Increased Nitrogen Deposition on Fauna. Biol. Conserv. 212, 423-431.

Odé, B. (1999). Bedreigde en kwetsbare sprinkhanen en krekels (Orthoptera). Basisrapport met voorstel voor de rode lijst. Stichting EIS-Nederland, Leiden.

Olsen, S., Cole, C., Watanabe, F., & Dean, L. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate, US Dep. Of Agri. Circ. No939. USA.

PDOK. (2020). Dataset: Basisregistratie Ondergrond (BRO)

Quicke D. L. J., Wyeth P., Fawke J. D., Basibuyuk H. H., Vincent J. F. V. (1998). Manganese and zinc in the ovipositors and mandibles of hymenopterous insects. Zool. J. Linn. Soc. 124 387-396.

Reemer, M. (2012). Basisrapport Rode Lijst Sprinkhanen en krekels (Nr. EIS2012-03; p. 44). Stichting EIS-Nederland, Leiden.

Schramm V. L. (2012). Manganese in Metabolism and Enzyme Function. Amsterdam: Elsevier.

Siepel, H., R. Bobbink, B.P. van de Riet, A. van den Burg & E. Jongejans (2019). Long-term effects of liming on soil physico-chemical properties and micro-arthropod communities in Scotch pine forest. Biology and Feritility of Soils 55:675-683.

Stevens, C., Dupre, C., Gaudnik, C., Dorland, E., Dise, N., Gowing, D., Bleeker, A., Alard, D., Bobbink, R., & Fowler, D. (2011). Changes in species composition of European acid grasslands observed along a gradient of nitrogen deposition. Journal of Vegetation Science, 22(2), 207-215.

van Diggelen, R., H. Bergsma, R.J. Bijlsma, R. Bobbink, A. van den Burg, J. Sevink, J. & M. Weijters (2019). Steenmeel en natuurherstel: een gelukkige relatie of een risicovolle combinatie? Vakblad Natuur Bos Landschap 155, 20-23.

van Delft, J., van der Berg, A., & Haveman, R. (2000). Nieuwe vindplaatsen van de zadelsprinkhaan Ephippiger ephippiger op de noordelijke Veluwe (Orthoptera: Tettigoniidae). Nederlandse Faunistische Mededelingen, 12, 33-39.

60246 0035

Van den Berg, L.J.L., Dorland, E., Vergeer, P., Hart, M.A.C., Bobbink, R. & Roelofs, J.G.M. (2005). 'Decline of acid-sensitive plant species in heathland can be attributed to ammonium toxicity in combination with low pH'. New Phytologist 166: 551-564.

Verbaarschot, E., M. Weijters, B. van de Riet, J. Vogels, H. Bergsma, E. Brouwer & R. Bobbink (2020). Effecten van steenmeeltoediening na 5 jaar op de Strabrechtse heide. Onderzoekcentrum B-WARE B.V., Nijmegen. RP-17.110.20.17.

Vogels, J., Loeb, R. Brouwer, E., Felix R. & Scherpenisse, M., (2017). Verwijdering stikstof in droge heide door gecombineerde maatregel branden en drukbegrazen. Rapport Stichting Bargerveen, Bureau B-Ware & Bureau Natuurbalans i.o.v. Provincie Noord-Brabant (Subsidieregeling Biodiversiteit en leefgebieden). Nijmegen, 82 pp.

Vogels, J., W.C.E.P. Verberk, L. Lamers & H. Siepel (2017) Can changes in soil biochemistry and plant stoichiometry explain loss of animal diversity of heathlands? Biological Conservation 212B:432-447.

Vogels, J.J., E. Bohnen-Verbaarschot, R. Loeb, M. Weijters, R. Bobbink, M.C. Scherpenisse, P.J.M. Verbeek & V. de Jong (2020). Monitoring steenmeeltoepassing ten behoeve van herstel biodiversiteit in het Nationale Park de Hoge Veluwe. Eindrapport monitoring 2015-2019. Rapport Stichting Bargerveen, i.o.v Stichting Het Nationale Park de Hoge Veluwe & Provincie Gelderland, Nijmegen.

Vogels, JJ, Weijters, MJ, Bobbink, R, Bijlsma RJ, Lamers, LPM, Verberk, WCEP & Siepel, H (2020). Barriers to restoration: Soil acidity and phosphorus limitation constrain recovery of heathland plant communities after sod cutting. Appl Veg Sci. 2020; 23: 94- 106.

Vogels, J., A. van den Burg, D. van de Waal, M. Weijters, R. Bobbink, M. Nijssen & M. Wallis de Vries (2020). Imbalanced by overabundance. Effects of nitrogen deposition on nutritional quality of producers and its subsequent effects on consumers. Rapportnr. 2020/OBNZ36-NZ. Driebergen, 2020.

Waarneming.nl. (2019). Zadelsprinkhaan Ephippiger diurnus Dufour, 1841. Waarneming.nl.

Wallis de Vries, M., K. Huskens, J. J. Vogels, R. Versluijs, R. Loeb, E. Brouwer, and R. Bobbink. (2018). Alternatieven voor plaggen van natte heide - Effecten op middellange termijn. VBNE, Driebergen.

Weijters, M., R. Bobbink, E. Bohnen-Verbaarschot, B. Van de Riet, J. Vogels, H. Bergsma & H. Siepel (2018). Herstel van heide door middel van slow release mineralengift. Resultaten van 3 jaar steenmeelonderzoek., VBNE, Driebergen, 216 pag.

Weijters, M.J., A.U. van der Bij, J.A. Harris, M. Pawlett, W.-J. Emsens, J. Frouz, P. Benetkova, E. Verbruggen, D. Radujkovic, E. Verbaarschot, R. van Klink, R. Vermeulen, R. van Diggelen en R. Bobbink (2019). Praktijkproef heideontwikkeling op voormalige landbouwgrond in het Noordenveld (Dwingelderveld). VBNE, Driebergen.

Weijters, M., Bobbink, R., Van der Zee, F., Bergsma, H en Verbaarschot, E. (2019). Herstel van heischraal grasland: een praktijkproef met steenmeeltoepassing in Noord-Brabant. RP-16.066.19.12. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Weijters, M.& Bobbink, R (2020). Bodem- en bladchemie van wel of niet beheerde boslocaties in Kroondomein Het Loo.. Onderzoekcentrum B-WARE B.V., Nijmegen. RP-19.022.20.58

Weijters, M., Smits, L.J.P.M. & Bobbink, R. (2020). Metingen bladchemie van Oude Eikenbossen (H9190) in Gelderland. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen. Rapportnummer RP-20.132.20.106

60246 0035

Weijters, M., Bobbink, R en Siepel, H. (2020). Selectie en uitzetten steenmeeltrials voor herstel van Oude Eikenbossen op arme zandgronden (H9190). Onderzoekcentrum B-WARE B.V., Nijmegen. RP-19.167.20.56

Bijlagen

Bijlage 1. Bodemchemische gegevens.

Loc	OS	Olsen-P	Destructie										Zoutextractie													Strontium	
			Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	Mn-t	P-t	S-t	Si-t	Zn-t	pH	Al	Ca	K	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC
	%	µmol/l	mmol/l										µmol/l														%	meq/l
EH1	5,7	801	99,9	0,6	66,5	1,6	9,3	1,1	4,0	4,5	10,4	0,2	3,7	1786	396	387	4	212	40	2,6	125	53	10	388	215	4,5	13,1	23,4
EH2	9,1	829	57,7	1,5	41,2	1,4	5,0	0,5	3,0	5,4	7,2	0,2	3,5	1504	1285	526	18	772	130	2,7	132	52	25	99	488	1,2	17,5	30,5
EH3	4,1	498	65,8	2,5	53,4	1,0	10,0	0,9	2,8	3,5	10,0	0,2	3,1	1289	2196	444	7	1151	90	3,3	125	72	36	176	835	0,6	26,1	27,8
EH4	10,0	835	37,7	1,4	27,9	2,1	2,3	0,1	2,5	5,3	7,9	0,1	3,1	1942	1370	318	16	590	36	2,5	109	38	27	127	385	1,4	19,2	32,9
EH5	14,5	754	62,5	1,1	53,3	2,9	4,4	0,3	3,6	5,3	7,4	0,1	3,3	2290	1074	408	9	857	64	1,4	113	46	29	30	252	2,1	12,6	36,4

Locatie	OS	Olsen-P	Destructie										Zoutextractie													Strontium	
			Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	Mn-t	P-t	S-t	Si-t	Zn-t	pH	Al	Ca	K	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC
	%	µmol/l	mmol/l										µmol/l														%	meq/l
GH1	10,3	464	72,1	2,3	53,6	1,4	4,9	0,1	2,6	3,9	9,6	0,1	3,8	1522	1704	445	4	992	21	0,7	87	15	16	13	99	0,9	18,6	28,6
GH2	7,3	601	133,0	0,6	72,0	3,2	8,2	0,4	4,1	3,7	11,1	0,1	3,6	1805	540	458	4	377	7	1,0	92	13	12	13	9	3,3	14,6	27,4
GH3	10,5	898	51,5	9,2	36,4	1,6	6,4	0,4	3,8	5,8	7,6	0,2	3,7	523	4678	341	4	2549	46	1,7	103	24	21	85	185	0,1	42,7	38,6
GH4	2,2	381	89,5	1,1	99,0	1,2	7,5	0,9	2,8	2,2	9,1	0,2	3,9	922	382	325	3	140	12	0,8	108	29	3	58	51	2,4	19,5	15,4
GH5	8,8	539	53,1	1,7	36,1	2,2	3,6	0,1	2,5	5,3	6,7	0,1	3,2	2107	546	266	5	430	7	0,7	86	26	15	15	94	3,9	13,1	32,2
GH6	7,5	665	85,3	2,0	65,8	2,9	10,4	0,6	3,2	4,3	9,3	0,2	3,3	2304	1489	293	6	797	52	2,5	172	39	16	94	115	1,5	15,3	36,7
GH7	7,1	673	45,8	0,9	19,9	1,2	3,9	0,2	2,3	4,8	7,8	0,1	3,2	1496	756	344	4	572	17	1,1	104	30	16	14	382	2,0	18,6	27,2
GH8	8,9	770	59,4	1,8	45,0	1,1	3,7	0,7	2,9	4,8	7,8	0,1	3,5	2116	1102	220	6	476	53	0,9	102	22	16	207	223	1,9	17,0	35,9
GH9	8,0	635	62,5	4,1	74,9	2,4	6,6	0,6	3,3	6,1	7,2	0,2	3,4	2060	2557	347	8	859	55	1,5	108	33	32	109	173	0,8	31,6	53,5
GH10	7,7	771	80,7	1,0	57,6	2,0	6,6	0,7	3,3	4,2	8,3	0,2	3,8	1945	869	564	6	499	48	0,6	110	21	16	12	124	2,2	14,6	28,9

Locatie	OS	Olsen-P	Destructie										Zoutextractie													Strontium	
			Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	Mn-t	P-t	S-t	Si-t	Zn-t	pH	Al	Ca	K	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC
	%	µmol/l	mmol/l										µmol/l														%	meq/l
HV1	2,1	547	81,9	1,2	38,9	0,7	10,9	0,5	2,3	2,7	11,3	0,2	4,3	1067	76	221	11	55	3	1,2	136	28	2	77	54	14,1	17,7	14,9
HV2	4,3	1030	50,2	1,8	33,3	2,6	5,5	0,4	3,2	7,1	9,0	0,2	3,7	1665	161	177	4	106	8	1,7	107	29	16	99	58	10,3	13,4	19,3
HV3	2,3	412	87,6	1,4	38,3	0,9	11,2	0,9	2,0	2,1	10,3	0,2	4,1	1005	109	265	4	72	6	1,1	110	24	6	36	31	9,2	20,4	15,4
HV4	2,0	373	75,0	0,9	35,0	0,8	9,5	0,4	1,9	2,2	9,6	0,1	3,7	1291	112	181	4	83	3	1,3	111	37	4	53	53	11,6	22,0	12,4
HV5	1,4	359	84,1	1,2	40,1	0,7	11,0	0,5	1,8	1,9	9,6	0,2	4,1	914	238	224	6	85	5	1,2	128	45	5	49	34	3,8	25,2	13,3
HV6	1,8	789	44,6	1,4	26,2	3,3	4,4	0,2	2,0	3,6	10,4	0,1	3,6	1661	289	216	7	148	11	2,1	103	25	7	31	84	5,7	12,9	25,9
HV7	2,2	510	54,6	2,7	32,4	0,3	8,4	0,3	1,9	2,8	10,0	0,1	3,7	1230	285	236	6	177	7	1,5	116	27	6	52	64	4,3	19,4	19,2
HV8	1,8	447	46,2	1,0	25,9	0,3	6,4	0,2	1,7	2,4	8,7	0,1	3,6	1016	338	240	8	192	9	5,2	101	23	6	46	75	3,0	20,6	15,6
HV9	1,3	314	44,6	0,5	25,2	0,2	7,4	0,2	1,1	1,3	8,0	0,1	3,6	948	114	174	7	79	2	1,4	101	23	3	46	62	8,3	22,2	9,9
HV10	1,5	349	64,2	1,6	35,4	0,4	12,0	0,3	1,6	1,4	10,0	0,1	4,1	841	209	277	8	173	6	2,7	129	33	5	23	124	4,0	33,2	10,6
HV11	0,9	203	43,9	1,6	24,2	2,9	6,6	0,2	0,9	1,2	8,5	0,1	4,0	915	48	217	5	57	1	0,4	95	26	3	30	18	19,2	28,9	10,7
HV12	1,4	335	57,6	1,6	36,4	0,7	9,8	0,4	2,1	2,8	10,1	0,2	3,9	810	267	356	8	211	7	2,7	120	24	7	30	133	3,0	32,9	13,3
HV13	1,1	298	63,7	1,1	32,1	0,8	11,0	0,3	1,4	1,4	8,5	0,1	4,1	913	70	165	3	50	2	1,4	113	22	2	84	20	13,1	24,8	10,5
HV14	1,6	393	68,5	0,9	35,5	0,7	11,9	0,4	2,0	2,1	9,1	0,1	4,1	874	162	253	12	112	4	4,4	144	35	4	27	116	5,4	31,8	10,4
HV15	1,3	228	67,7	1,8	33,9	0,7	10,8	0,4	1,6	1,7	8,9	0,1	4,0	750	133	192	7	92	5	0,9	113	25	4	71	106	5,6	30,4	10,3
HV16	1,3	467	69,1	2,2	40,9	1,2	12,6	0,4	1,7	1,9	11,0	0,2	3,9	1101	163	227	15	102	7	1,8	120	32	3	50	71	6,8	22,5	12,6
HV17	1,0	480	69,5	2,3	39,3	0,9	12,5	0,4	2,0	2,0	10,3	0,2	3,9	905	94	210	11	90	4	3,2	136	36	3	39	67	9,7	28,1	11,5
HV18	0,9	313	68,5	1,8	41,6	1,1	12,2	0,5	1,9	1,7	9,5	0,2	4,0	918	84	166	6	60	2	1,2	118	30	2	56	30	11,0	24,7	10,3
HV19	3,4	547	94,5	2,6	62,6	3,1	14,1	0,7	3,2	5,7	10,7	0,4	3,8	1098	1014	479	8	402	30	3,3	120	42	60	20	166	1,1	26,3	21,0
HV20	1,4	455	112,7	2,9	66,5	4,2	20,7	1,4	2,8	2,4	9,4	0,2	4,2	1204	121	257	4	81	10	1,0	111	41	4	48	33	10,0	21,5	12,9
HV21	3,9	481	97,3	2,8	52,2	1,9	13,1	0,5	2,7	3,3	10,3	0,2	3,7	1531	549	264	11	270	16	2,6	110	43	8	79	170	2,8	23,3	26,0
HV22	1,6	505	71,8	1,5	44,2	0,9	11,6	0,6	2,2	2,9	11,4	0,2	3,8	1172	211	271	10	132	8	3,0	151	33	5	25	175	5,6	21,5	16,1
HV23	3,1	482	81,8	1,4	47,4	1,2	11,0	0,8	2,4	3,5	9,7	0,1	3,5	1293	823	371	10	337	37	3,2	122	44	10	73	163	1,6	18,0	22,0
HV24	4,4	577	60,8	1,1	38,8	1,1	7,0	0,3	2,4	3,6	11,9	0,1	3,3	1431	268	345	8	235	9	1,7	113	33	10	56	204	5,3	16,8	39,2
HV25	6,6	558	72,8	0,9	57,1	1,1	8,4	0,7	3,0	5,4	8,0	0,2	3,2	1706	821	426	7	574	41	0,9	97	48	18	29	152	2,1	11,9	26,3
HV26	4,6	492	91,0	1,3	57,5	1,3	8,6	1,1	3,0	5,1	11,1	0,2	3,4	1915	627	304	16	405	37	2,8	127	46	16	112	432	3,1	12,9	34,1
HV27	2,7	538	50,7	1,2	30,5	0,5	7,3	0,3	1,8	2,6	10,0	0,1	3,6	1050	418	252	7	238	21	2,2	122	40	9	46	104	2,5	19,1	16,3

Locatie	OS	Olsen-P	Destructie										pH	Zoutextractie											Al/Ca-ratio	Strontium	
			Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	Mn-t	P-t	S-t	Si-t	Zn-t		Al	Ca	K	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4		BV	CEC
	%	µmol/l	mmol/l											µmol/l													%	meq/l
DS1	7,5	467	22,7	1,5	16,7	0,9	2,5	0,1	1,8	4,0	21,6	0,2	3,1	1070	1276	170	17	653	25	8,4	117	86	24	26	149	0,8	12,4	35,1
DS2	3,8	188	23,1	1,9	16,9	0,9	4,2	0,2	1,2	1,9	18,7	0,1	3,3	519	1249	210	8	857	29	4,6	112	44	16	13	71	0,4	24,3	15,2
DS3	4,8	500	24,1	0,9	17,7	1,0	2,2	0,1	2,2	4,2	25,7	0,1	3,2	1288	971	209	9	465	16	7,3	132	59	9	32	120	1,3	13,0	25,9
DS4	1,3	231	34,1	0,7	21,0	1,1	5,8	0,2	1,1	0,4	22,0	0,1	4,0	438	587	314	7	308	22	1,7	126	44	9	30	118	0,7	17,0	5,9
DS5	3,9	570	25,2	0,6	21,1	1,0	3,0	0,1	2,1	3,2	26,0	0,1	3,4	860	550	416	8	509	10	6,5	120	58	10	23	719	1,6	14,6	24,0
DS6	1,9	357	34,7	0,4	27,4	1,2	5,7	0,2	1,5	1,0	28,0	0,1	3,5	730	219	238	8	126	6	2,2	125	48	4	15	30	3,3	10,5	12,0
DS7	1,3	227	35,5	0,7	22,3	1,1	5,6	0,2	1,1	0,3	21,3	0,1	3,9	571	169	191	5	86	6	1,1	126	40	3	21	36	3,4	10,5	7,9
DS8	7,8	1166	46,8	3,0	26,5	1,0	3,0	0,2	5,4	8,0	25,4	0,3	3,0	1626	2047	251	29	835	96	15,4	145	67	25	46	131	0,8	12,3	34,1
DS9	2,0	467	44,9	1,5	47,0	1,1	10,3	0,6	2,6	1,8	24,5	0,2	3,8	594	855	381	4	348	62	4,1	126	45	14	31	70	0,7	34,6	20,4
DS10	6,0	442	47,8	0,4	36,8	0,8	4,9	0,1	2,6	4,8	26,2	0,1	3,6	1647	431	282	38	502	19	2,1	127	60	15	116	305	3,8	7,7	27,1
DS11	1,4	260	73,0	0,5	42,9	1,2	11,2	0,4	1,6	0,6	29,2	0,2	3,8	1127	124	212	11	98	3	0,7	119	40	3	2	10	9,1	7,2	15,0
DS12	11,9	388	15,5	0,5	10,6	0,6	1,8	0,1	1,5	4,4	15,7	0,1	2,8	903	517	253	8	535	5	3,1	95	59	18	2	125	1,7	13,8	30,4
DS13	15,8	681	43,9	3,1	46,9	0,7	8,0	0,3	4,0	8,3	18,6	0,2	3,3	1372	1986	744	91	1893	120	7,5	148	49	25	218	966	0,7	16,1	37,7
DS14	7,8	589	34,1	1,7	29,5	0,8	5,0	0,2	2,7	4,8	20,9	0,2	3,3	1461	630	274	11	688	12	5,8	116	42	12	141	287	2,3	13,3	24,9
DS15	8,0	593	53,5	1,7	37,3	0,9	2,8	0,1	3,0	5,6	25,2	0,1	3,4	1353	1718	493	27	1584	4	1,6	141	46	32	5	1671	0,8	15,4	40,9
DS16	0,8	312	36,5	0,3	24,7	1,1	6,3	0,2	1,3	0,3	22,3	0,1	3,6	511	162	237	3	73	3	2,2	132	41	4	51	31	3,2	6,8	5,6
DS17	1,4	360	76,9	1,8	39,5	1,2	12,9	0,6	2,1	0,8	26,4	0,1	3,9	932	271	177	5	146	17	1,3	160	49	4	133	111	3,4	7,3	11,0
DS18	1,1	243	56,3	1,5	34,0	1,2	9,0	0,3	1,6	0,3	25,5	0,1	3,9	529	147	232	5	85	4	1,2	135	35	3	123	42	3,6	9,1	6,3

Locatie	OS	Olsen-P	Destructie										pH	Zoutextractie											Al/Ca-ratio	Strontium	
			Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	Mn-t	P-t	S-t	Si-t	Zn-t		Al	Ca	K	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4		BV	CEC
	%	µmol/l	mmol/l											µmol/l													%	meq/l
GiH1	5,7	450	48,7	2,1	27,4	1,2	6,3	0,2	2,1	4,6	11,7	0,1	3,3	1136	1128	350	12	527	10	1,7	93	47	24	85	215	1,0	16,4	26,5
GiH2	7,3	3360	112,0	17,0	57,5	2,1	12,7	1,6	18,2	7,9	11,9	0,4	4,5	60	6932	932	2	2327	19	12,7	108	31	21	561	591	0,01	78,9	48,2
GiH3	8,7	727	76,3	1,4	92,0	0,4	4,5	0,3	4,1	4,7	10,0	0,1	3,7	1688	1112	369	4	712	33	0,9	111	38	15	80	269	1,5	15,8	36,0
GiH4	8,3	481	76,9	1,3	57,9	2,0	3,6	0,2	2,4	3,2	13,7	0,1	3,7	2156	226	387	8	152	3	1,2	106	24	8	16	24	9,5	4,3	34,5
GiH5	9,8	855	25,7	1,0	9,0	1,5	1,4	0,0	2,8	5,6	8,3	0,1	3,2	1216	922	438	6	360	8	4,7	111	63	17	21	915	1,3	10,6	35,8
GiH6	1,5	514	128,2	1,8	60,2	1,6	16,2	0,5	3,8	1,3	9,7	0,2	4,7	456	619	409	2	190	17	1,9	119	51	12	188	34	0,7	27,3	10,0

Locatie	OS	Olsen-P	Destructie										pH	Zoutextractie											Al/Ca-ratio	Strontium	
			Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	Mn-t	P-t	S-t	Si-t	Zn-t		Al	Ca	K	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4		BV	CEC
	%	µmol/l	mmol/l											µmol/l													%	meq/l
HK1	5,2	314	138,8	1,4	65,4	1,0	7,3	0,4	3,1	3,8	30,3	0,1	3,7	1057	436	272	3	191	11	0,4	164	17	6	89	411	2,4	9,0	16,3
HK2	4,2	129	118,7	3,1	50,5	1,0	9,1	0,3	3,2	3,8	24,9	0,2	3,8	1138	904	280	3	333	23	1,6	124	31	13	130	98	1,3	14,5	19,1
HK3	6,5	454	68,9	1,4	141,9	0,9	3,5	0,3	4,1	4,8	26,1	0,2	3,6	1918	789	238	6	265	8	0,7	181	35	18	51	260	2,4	6,6	30,3
HK4	7,1	641	62,2	1,2	111,0	0,9	5,1	0,4	4,2	6,0	23,2	0,1	3,6	1718	646	206	10	251	16	2,1	186	44	13	81	88	2,7	3,7	21,7
HK5	4,8	407	62,7	1,2	52,9	0,9	4,6	0,2	2,6	4,5	24,4	0,1	3,4	1709	701	159	10	191	13	1,6	155	49	9	76	71	2,4	7,0	25,4
HK6	6,0	412	63,2	2,6	30,7	0,8	4,7	0,2	2,9	5,9	24,6	0,2	3,8	1485	733	269	7	303	14	1,6	117	23	9	61	123	2,0	10,1	28,2
HK7	7,7	506	64,2	1,8	39,9	0,9	4,1	0,1	2,4	4,6	26,7	0,1	3,4	2244	1280	205	26	543	34	2,7	165	48	25	304	154	1,8	7,8	33,7
HK8	7,3	429	237,9	61,4	348,1	1,5	22,3	2,0	7,3	7,3	28,2	0,4	4,0	920	1921	449	4	484	28	1,3	134	79	13	52	100	0,5	29,5	25,2
HK9	6,7	357	68,4	1,7	64,3	0,9	4,9	0,4	2,6	4,8	24,4	0,1	3,7	1339	1158	330	9	378	24	1,0	153	37	15	191	196	1,2	13,9	24,8
HK10	11,7	576	47,5	1,2	32,0	0,8	2,5	0,1	3,5	6,9	24,6	0,5	3,3	2163	1100	317	49	405	22	2,5	128	32	291	55	153	2,0	13,2	39,1
HK11	7,8	444	51,4	1,1	16,6	0,8	2,6	0,1	2,6	4,3	26,2	0,1	3,3	1730	993	335	21	518	8	0,8	111	21	14	3	285	1,7	14,7	39,6
HK12	6,8	384	158,1	6,7	86,9	0,9	5,0	0,3	3,7	5,2	32,0	0,2	3,8	844	3188	304	4	446	22	0,4	120	26	14	81	209	0,3	32,4	34,7
HK13	5,2	466	55,7	3,9	28,5	1,0	5,1	0,4	2,8	4,7	31,0	0,1	3,8	1135	2831	292	6	417	82	1,7	132	24	22	40	159	0,4	24,6	37,4
HK14	6,5	539	32,1	2,3	14,3	0,9	2,1	0,1	2,7	4,1	25,5	0,1	3,4	1346	2028	237	7	553	46	4,2	127	31	33	24	147	0,7	17,3	33,6
HK15	11,6	663	37,8	1,7	20,6	0,7	2,1	0,1	3,6	7,6	24,8	0,2	3,1	1913	1679	218	22	436	36	6,7	130	34	42	200	477	1,1	15,8	43,0
HK16	7,5	536	33,2	2,5	24,7	0,9	2,3	0,1	2,9	5,6	24,4	0,1	3,5	1412	2128	279	10	659	71	3,6	135	30	33	102	368	0,7	25,8	36,9
HK17	9,1	618	53,2	2,9	58,0	0,8	5,8	0,2	3,6	6,7	21,8	0,2	3,3	1643	1308	210	11	259	28	2,0	116	28	15	134	135	1,3	14,3	32,6
HK18	5,5	426	76,3	2,2	39,6	0,9	6,5	0,2	3,1	5,3	27,2	0,1	3,8	1429	1124	313	4	485	46	1,4	119	35	14	291	161	1,3	15,1	26,6
HK19	8,2	384	54,4	3,6	40,4	0,8	6,0	0,2	2,8	6,8	21,4	0,2	3,5	1238	1591	493	6	818	30	1,3	141	33	22	69	1054	0,8	21,5	32,7
HK20	6,7	603	62,7	1,2	59,9	0,9	6,4	0,5	3,4	5,6	22,2	0,1	3,7	1347	935	918	8	1173	48	2,3	209	84	20	206	1592	1,4	19,5	44,6
HK21	2,4	305	144,2	1,9	74,9	1,2	10,0	0,6	2,4	1,9	29,5	0,2	4,1	654	89	217	3	33	5	0,9	175	33	2	69	20	7,3	1,6	11,9
HK22	7,3	658	65,4	1,8	71,9	0,8	5,5	0,4	4,6	5,6	23,6	0,1	3,4	1807	494	169	6	282	12	2,9	169	31	10	100	166	3,7	9,3	29,5

Locatie	OS	Olsen-P	Destructie										Zoutextractie													Strontium	
			Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	Mn-t	P-t	S-t	Si-t	Zn-t	pH	Al	Ca	K	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC
	%	µmol/l	mmol/l										µmol/l													%	meq/l
HV28	2,1	444	89,5	2,2	44,1	2,1	14,1	0,4	2,2	3,2	14,2	0,2	3,7	1603	194	258	7	153	5	1,7	131	43	6	96	82	8,3	17,3	19,7
HV29	1,3	449	106,5	3,7	56,6	3,2	18,3	0,3	2,3	2,2	14,4	0,5	3,8	1492	152	382	15	174	5	1,6	128	43	4	89	217	9,8	20,9	19,9
HV30	3,2	383	60,9	1,1	38,1	0,4	10,5	0,2	1,5	1,9	9,3	0,1	3,6	1673	128	338	7	226	3	1,5	113	33	7	20	177	13,0	18,9	22,7
HV31	1,8	549	62,5	0,8	42,1	1,1	10,4	0,3	2,1	2,9	12,9	0,1	3,8	1198	191	387	21	100	4	2,4	149	42	5	164	530	6,3	21,9	15,5
HV32	2,0	471	97,6	1,9	58,3	3,4	20,1	0,8	2,2	2,5	12,0	0,1	3,8	1545	73	190	10	67	3	1,5	127	40	2	96	25	21,0	17,2	18,0
HV33	1,0	343	67,1	1,0	31,5	0,8	10,8	0,3	1,4	1,2	8,8	0,1	4,0	944	74	175	6	57	2	1,3	122	32	2	67	27	12,7	26,4	10,4
HV34	0,9	376	68,5	1,9	42,1	1,0	10,8	0,3	2,1	2,5	10,5	0,2	3,8	953	91	193	8	65	2	1,7	127	31	2	90	43	10,5	24,0	11,9
HV35	2,6	375	59,1	1,3	32,4	1,4	9,5	0,3	1,4	2,2	10,6	0,1	3,5	1534	318	249	8	151	9	2,0	120	39	7	69	142	4,8	18,4	17,0
HV36	1,6	569	56,0	1,2	36,6	0,8	9,6	0,3	2,1	2,5	11,8	0,1	3,7	1083	117	225	8	101	4	2,2	115	29	3	83	58	9,2	35,5	14,3
HV37	0,9	325	62,2	1,1	33,4	0,4	11,1	0,3	1,7	1,3	9,6	0,2	4,0	876	72	191	7	61	2	2,8	132	30	2	67	37	12,1	27,2	10,9
HV38	1,7	389	100,7	1,4	50,8	1,7	19,8	0,5	2,3	2,4	11,6	0,1	4,1	1490	248	300	11	176	14	2,0	138	50	8	82	111	6,0	20,1	19,4
HV39	1,2	383	80,6	1,8	42,1	1,3	12,6	0,6	2,2	1,4	11,3	0,2	4,4	898	181	305	10	111	14	2,4	119	32	4	25	48	4,9	28,0	13,4
HV40	1,2	567	72,3	1,0	35,2	0,6	10,6	0,5	2,7	1,5	10,3	0,1	4,1	978	246	234	4	150	12	2,8	111	35	6	81	37	4,0	27,0	11,9
HV41	2,9	484	97,7	16,0	54,8	1,8	15,6	1,4	3,7	3,0	11,5	0,3	5,1	35	6788	400	3	820	5	2,0	99	61	2	58	85	0,01	90,6	31,9

Locatie	OS	Olsen-P	Destructie										Zoutextractie													Strontium	
			Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	Mn-t	P-t	S-t	Si-t	Zn-t	pH	Al	Ca	K	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC
	%	µmol/l	mmol/l										µmol/l													%	meq/l
OH1	9,7	534	65,4	3,0	20,8	0,9	2,0	0,1	3,5	6,4	29,9	0,1	3,3	3066	2202	176	11	940	23	2,2	139	61	37	7	32	1,4	12,7	58,6
OH2	8,9	277	24,2	2,1	14,8	0,9	2,5	0,1	2,4	7,4	29,9	0,2	3,2	772	1455	553	24	1070	14	2,1	207	99	39	111	2763	0,5	23,1	35,8
OH3	2,8	452	12,6	1,0	5,8	1,1	1,6	0,0	1,4	2,9	32,0	0,1	3,4	369	932	274	4	704	3	2,8	121	63	21	2	13	0,4	15,2	14,7
OH4	11,9	496	24,2	1,6	8,3	0,8	2,1	0,1	2,5	8,3	24,4	0,1	3,4	942	1625	552	133	1125	24	3,4	144	85	35	7	193	0,6	20,0	34,6
OH5	8,1	311	16,7	2,4	16,0	1,0	2,1	0,1	1,5	3,3	31,1	0,2	3,3	579	2132	720	8	1680	63	1,9	157	87	59	21	873	0,3	27,0	34,4
OH6	5,5	584	85,9	3,7	450,5	1,1	11,6	3,3	4,7	7,9	34,3	0,4	4,0	1100	2065	423	4	856	339	1,3	170	64	60	406	540	0,5	16,8	29,4
OH7	11,2	573	42,3	4,7	180,1	0,9	5,2	1,5	4,2	12,0	29,2	0,3	3,5	1180	1546	295	6	634	121	1,7	144	51	18	18	151	0,8	19,4	27,0
OH8	5,7	373	36,1	0,7	202,0	0,9	4,7	1,5	2,7	5,6	25,8	0,3	3,8	816	667	325	4	1188	73	0,8	169	40	91	20	147	1,2	22,2	23,2
OH9	4,1	2147	44,2	1,3	756,4	1,0	10,5	5,7	12,6	4,8	30,8	1,0	4,3	40	917	202	1	4117	39	6,0	134	63	94	24	64	0,04	65,5	21,1
OH10	6,3	1336	38,1	2,4	162,8	0,9	9,3	4,1	8,1	6,4	29,7	0,4	3,9	222	1634	393	5	3608	89	6,5	132	45	61	105	277	0,1	54,4	29,2
OH11	2,3	346	11,1	1,8	51,2	1,0	1,6	0,3	1,5	2,1	27,2	0,6	3,7	174	1018	354	3	584	43	1,6	136	50	173	11	193	0,2	38,5	10,9
OH12	8,9	655	16,3	2,9	17,1	0,8	3,0	0,2	3,0	5,1	24,9	0,1	3,4	329	2632	258	12	1533	127	11,6	128	47	36	136	342	0,1	49,6	39,5
OH13	4,2	751	37,5	0,5	78,0	1,0	3,2	0,6	3,3	4,0	31,9	0,2	3,6	1045	432	477	6	192	91	2,9	187	51	37	169	121	2,4	11,2	16,2
OH14	1,4	3461	69,1	0,6	209,0	1,3	10,6	1,7	24,2	1,3	38,5	0,7	4,5	111	479	280	49	1033	30	7,6	178	58	48	8	32	0,2	48,1	10,7
OH15	13,4	724	45,9	3,3	62,4	0,8	5,6	0,4	4,5	8,0	27,7	0,3	3,3	1482	1663	583	178	1335	77	1,4	163	64	50	14	1574	0,9	21,5	45,7
OH16	10,9	550	51,2	2,5	58,2	0,8	5,3	0,2	2,9	6,7	24,0	0,2	3,6	1094	2290	604	21	1555	36	1,4	141	56	37	21	2834	0,5	20,9	40,6
OH17	4,9	433	61,6	2,0	40,6	1,2	7,8	0,3	2,4	2,8	30,1	0,2	3,4	1547	1355	273	8	522	115	1,3	158	49	21	182	425	1,1	14,9	33,5
OH18	12,0	538	39,5	2,7	31,7	0,8	5,1	0,3	3,3	8,2	22,8	0,2	3,0	1158	2056	714	65	1781	55	2,4	149	69	52	146	627	0,6	21,5	21,3
OH19	6,7	468	33,4	1,0	32,4	0,9	3,3	0,2	2,1	4,4	26,0	0,3	3,5	1311	1110	405	41	518	26	2,4	115	62	63	8	85	1,2	14,5	26,0
OH20	7,6	595	19,4	2,5	96,4	0,9	3,3	0,6	2,4	6,4	25,8	0,3	3,2	764	1053	746	20	1467	8	2,2	116	76	37	1	22	0,7	20,0	40,8

Locatie	OS	Olsen-P	Destructie										Zoutextractie													Strontium	
			Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	Mn-t	P-t	S-t	Si-t	Zn-t	pH	Al	Ca	K	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC
	%	µmol/l	mmol/l										µmol/l													%	meq/l
ZVT1	8,6	1059	103,1	3,4	87,0	3,8	7,5	0,2	4,4	6,9	8,6	0,2	3,7	2403	1029	469	11	621	15	1,8	157	40	33	95	335	2,3	10,2	30,3
ZVT2	6,4	434	172,7	4,0	89,8	3,1	20,3	1,2	3,9	4,7	7,5	0,3	4,1	1062	946	721	6	521	86	1,1	124	49	15	14	150	1,1	23,7	21,7
ZVT3	8,2	446	174,8	1,8	97,0	2,8	13,2	0,6	4,1	5,2	9,9	0,2	3,9	1901	1653	758	6	821	71	1,3	147	39	21	15	65	1,2	17,1	30,4
GB1	10,9	393	53,5	2,8	47,5	0,8	3,6	0,2	2,4	4,6	6,3	0,1	3,4	1598	2700	271	8	631	51	1,9	113	47	33	95	238	0,6	17,9	31,3
HO1	9,5	790	114,9	0,7	67,9	2,1	8,4	2,1	4,8	10,8	8,2	0,2	3,5	2772	845	383	11	479	67	2,6	161	69	29	117	251	3,3	8,1	37,8
HO2	9,3	732	155,2	1,4	96,3	3,0	14,8	0,8	5,7	6,4	8,3	0,2	3,8	1990	818	551	5	490	69	1,8	148	59	19	20	216	2,4	9,9	34,5
HO3	11,4	1537	77,9	5,1	75,5	2,1	9,8	0,8	5,9	8,4	7,9	0,3	3,7	1140	3481	662	9	1016	203	6,2	116	73	79	675	288	0,3	27,6	43,0

Locatie	OS	Olsen-P	Destructie										Zoutextractie													Strontium	
			Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	Mn-t	P-t	S-t	Si-t	Zn-t	pH	Al	Ca	K	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC
	%	µmol/l	mmol/l										µmol/l													%	meq/l
PW1	1,0	322	63,8	2,2	39,7	1,0	11,5	0,3	1,8	2,2	12,1	0,1	3,7	1009	457	248	9	313	25	2,0	117	36	8	56	98	2,2	36,2	17,4
PW2	0,9	409	55,2	0,6	33,4	0,2	10,1	0,3	1,7	1,5	9,2	0,1	3,8	852	214	212	7	146	5	2,5	113	33	3	45	61	4,0	28,0	12,0
PW3	0,7	286	58,5	0,8	33,3	0,3	11,0	0,3	1,5	1,3	9,4	0,1	4,1	950	95	182	8	62	1	2,2	122	32	2	49	37	10,0	26,2	11,6
PW4	2,3	237	60,7	0,5	37,1	0,3	11,4	0,2	1,5	2,0	9,4	0,1	3,6	1095	485	314	8	309	17	1,0	114	49	8	107	119	2,3	26,4	16,0
PW5	1,3	355	66,9	0,9	38,2	0,8	12,5	0,4	1,7	1,4	9,8	0,1	3,9	1024	112	172	4	75	3	1,8	116	31	3	113	44	9,2	22,9	11,8
PW6	1,1	190	80,7	2,0	33,3	0,8	12,3	0,2	1,3	1,1	9,5	0,1	4,1	1002	98	201	8	79	3	1,2	111	37	2	52	24	10,2	23,9	10,6
PW7	2,2	332	69,0	1,8	35,5	1,4	11,3	0,2	1,8	2,7	11,7	0,1	3,6	1262	305	271	8	244	10	1,6	119	39	6	115	237	4,1	21,6	15,0
PW8	1,8	355	86,8	1,3	43,6	1,7	13,3	0,3	1,5	1,9	10,9	0,1	3,9	1176	291	274	9	175	7	0,7	115	39	5	80	96	4,0	19,8	15,5
PW9	3,5	612	53,8	1,4	32,8	1,2	8,2	0,2	2,1	3,4	10,9	0,1	3,5	1212	611	471	7	410	19	6,3	113	43	9	298	517	2,0	20,9	22,1
PW10	2,7	514	56,0	2,3	31,0	1,1	8,4	0,2	2,1	3,5	10,7	0,3	3,4	1425	479	264	11	252	12	2,4	118	45	9	160	186	3,0	16,0	26,2
PW11	1,4	463	55,9	2,3	32,9	4,1	7,2	0,2	1,8	3,5	11,5	0,2	3,8	1244	224	259	8	156	5	1,4	118	32	4	78	55	5,5	16,5	22,3
PW12	2,3	427	67,8	0,9	37,9	0,8	10,4	0,2	1,7	2,1	11,2	0,1	3,7	1615	60	417	14	118	3	2,3	134	38	4	39	143	26,9	15,9	19,3
PW13	3,3	416	48,0	3,1	30,3	3,6	7,4	0,2	1,6	2,6	9,2	0,1	3,4	1234	218	223	10	166	3	3,0	109	40	5	62	108	5,7	16,0	17,4
PW14	3,1	906	50,9	1,5	31,3	0,9	7,2	0,2	3,2	4,3	9,8	0,2	3,5	1182	608	367	7	522	8	3,5	117	34	15	78	197	1,9	26,1	23,8
PW15	1,4	426	67,3	1,9	35,0	1,0	10,9	0,2	1,6	1,7	10,7	0,1	4,0	1045	269	208	11	154	8	1,7	117	27	4	64	60	3,9	26,2	14,8
PW16	3,2	454	78,7	2,7	36,4	2,5	11,0	0,2	2,3	3,9	10,8	0,1	3,5	1762	405	348	10	322	10	2,3	124	33	9	125	281	4,4	16,1	24,0
PW17	4,6	543	60,5	1,0	36,8	0,9	8,8	0,3	2,3	3,2	12,0	0,2	3,6	1472	301	269	9	195	6	1,9	127	36	9	129	84	4,9	13,3	20,5
PW18	4,5	272	52,8	1,2	32,3	0,8	8,9	0,2	1,4	1,7	9,3	0,1	3,6	934	313	234	8	187	7	1,2	100	28	7	40	130	3,0	17,5	12,3
PW19	1,8	198	62,2	1,8	35,6	1,6	11,3	0,2	1,2	1,3	9,9	0,1	3,8	992	209	587	9	160	4	1,3	93	33	4	85	65	4,8	16,9	13,4
PW20	1,4	406	46,4	2,3	31,9	4,3	8,4	0,3	1,5	1,4	9,2	0,2	3,9	795	284	202	7	161	9	2,0	109	26	5	70	53	2,8	21,1	10,1

Locatie	OS	Olsen-P	Destructie										Zoutextractie													Strontium	
			Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	Mn-t	P-t	S-t	Si-t	Zn-t	pH	Al	Ca	K	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC
	%	µmol/l	mmol/l										µmol/l													%	meq/l
MUL1	8,2	860	91,6	3,1	70,1	3,2	10,8	0,5	3,3	5,4	13,7	0,2	3,5	1737	2236	435	12	895	75	2,5	114	46	24	115	204	0,8	19,5	44,7
MUL2	9,5	518	80,4	3,0	73,7	1,7	9,8	0,6	3,4	5,9	11,1	0,2	3,1	1831	1865	611	11	542	143	2,8	139	48	23	241	89	1,0	16,3	43,5
MUL3	6,3	334	59,6	3,2	105,1	3,3	9,0	0,6	2,0	3,3	12,0	0,1	3,7	1113	963	615	7	459	88	0,6	130	40	15	57	629	1,2	19,4	28,2
MUL4	7,2	563	153,6	1,6	77,8	1,3	13,7	1,6	3,4	4,4	12,5	0,2	4,1	1068	1148	587	5	404	100	1,3	152	38	20	144	1399	0,9	15,0	30,7
MUL5	1,5	351	126,2	0,7	69,2	0,9	15,6	0,8	2,8	2,2	12,6	0,2	4,2	835	718	411	3	226	60	1,5	112	35	12	62	74	1,2	21,7	19,1
MUL6	2,6	163	281,4	4,3	115,5	2,5	23,4	1,7	3,5	3,4	14,9	0,5	4,3	567	72	238	3	38	17	0,2	356	45	4	43	43	7,9	14,3	8,1
MUL7	7,2	402	117,1	1,5	67,6	1,3	11,3	0,7	2,4	3,8	10,2	0,2	3,9	1355	444	300	3	275	40	0,8	113	36	14	42	965	3,1	16,0	28,0
MUL8	8,3	402	112,6	2,8	68,7	2,3	12,0	0,5	2,9	5,5	8,9	0,2	3,8	1495	1721	1760	7	1221	90	1,0	215	116	31	908	1443	0,9	26,1	34,7
MUL9	7,0	264	123,2	1,1	66,6	1,6	9,7	0,3	2,3	4,4	8,9	0,2	3,9	1698	646	774	4	424	13	1,2	162	41	19	14	707	2,6	14,7	26,5
MUL10	9,8	708	133,9	2,0	83,3	3,6	10,8	0,4	3,6	6,0	9,7	0,2	3,7	1553	1604	1757	6	1172	38	1,4	123	40	35	83	871	1,0	18,9	36,8
MUL11	5,9	387	139,1	2,0	68,0	2,1	13,7	1,1	2,3	3,1	10,8	0,2	4,0	992	848	1153	4	378	46	0,5	105	60	12	898	175	1,2	22,8	22,9
MUL12	7,4	285	104,8	0,4	64,8	1,4	8,6	0,3	2,4	4,3	10,3	0,2	3,7	1935	299	584	6	269	8	0,6	131	34	17	13	281	6,5	9,4	35,0
MUL13	9,8	516	98,6	6,5	74,5	1,9	10,2	0,5	3,9	7,7	8,7	0,2	3,5	1609	1796	326	11	619	54	0,8	120	34	22	51	325	0,9	16,9	40,3
MUL14	5,0	461	170,2	1,7	82,7	1,6	13,6	0,7	4,3	3,9	10,6	0,2	4,2	894	706	583	7	348	43	1,7	126	44	14	66	669	1,3	15,9	22,1
MUL15	3,9	365	193,7	1,2	99,7	1,3	17,1	1,6	4,6	3,7	12,3	0,3	4,2	931	295	329	4	118	34	0,3	178	63	11	139	298	3,2	12,8	15,8
MUL16	5,3	417	205,8	0,5	112,4	1,8	17,6	0,6	3,7	3,4	11,1	0,2	4,0	1886	89	192	4	94	5	0,6	103	33	8	16	5	21,2	5,6	23,2
MUL17	10,4	537	75,9	1,3	55,8	1,9	7,1	0,3	2,9	4,8	9,5	0,2	3,4	2003	1617	1025	10	1058	45	1,9	154	67	40	63	1325	1,2	13,9	42,0
MUL18	13,3	483	92,7	1,8	68,2	1,9	9,2	0,8	3,1	5,3	8,0	0,2	3,5	2010	1248	594	11	583	133	1,5	166	60	34	207	579	1,6	13,4	38,7
MUL19	8,1	836	115,0	5,4	72,4	2,0	9,7	0,7	4,7	8,3	9,0	0,3	3,8	1441	2293	340	8	667	77	1,6	116	51	37	201	557	0,6	25,8	34,1
MUL20	11,7	553	104,9	5,0	88,7	3,4	14,0	0,7	3,6	5,5	9,0	0,2	3,6	1506	2041	1267	9	1154	34	2,3	151	59	45	194	2934	0,7	21,5	45,8

Locatie	OS	Olsen-P	Destructie										pH	Zoutextractie												Strontium	
			Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	Mn-t	P-t	S-t	Si-t	Zn-t		Al	Ca	K	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC
	%	µmol/l	mmol/l											µmol/l													%	meq/l
VZ1	3,0	447	39,7	1,8	30,5	2,8	4,2	0,2	1,9	3,1	10,2	0,1	3,3	1167	606	274	20	270	37	2,6	106	36	16	164	227	1,9	12,0	23,3
VZ2	5,6	706	46,7	1,9	32,3	0,5	4,9	0,3	2,7	4,7	10,8	0,1	3,4	1754	1200	200	7	460	88	3,4	120	34	20	113	127	1,5	7,8	26,7
VZ3	3,8	285	71,5	0,9	63,8	0,5	13,3	1,0	2,0	3,1	11,4	0,2	3,5	1317	821	334	7	260	30	1,0	103	27	15	81	137	1,6	12,1	25,7
VZ4	0,7	521	43,9	0,4	28,0	0,2	6,0	0,3	2,1	2,4	10,4	0,1	3,8	742	425	259	5	194	24	1,5	109	37	8	75	71	1,7	12,3	12,1
VZ5	4,1	621	40,8	1,5	32,0	2,4	5,8	0,3	2,2	3,7	12,1	0,2	3,3	879	482	342	6	453	11	3,1	113	39	14	70	269	1,8	18,5	24,8
VZ6	5,2	524	37,4	2,4	26,7	0,3	4,6	0,3	2,2	3,7	10,8	0,2	3,3	872	1472	338	6	542	85	6,4	108	42	23	72	153	0,6	23,1	29,5
VZ7	5,0	550	36,2	1,4	28,7	0,4	4,9	0,2	2,4	3,7	12,2	0,2	3,4	793	757	255	7	318	12	3,4	104	32	16	40	208	1,0	16,4	17,6
VZ8	3,6	474	46,1	0,7	36,0	0,6	5,9	0,4	2,3	3,7	11,7	0,2	3,2	1065	664	423	9	255	31	6,4	144	38	16	82	580	1,6	12,8	21,2
VZ9	3,6	379	45,4	1,7	33,8	3,5	5,5	0,4	1,8	2,9	11,9	0,1	3,3	851	461	207	9	149	20	4,3	117	40	10	69	92	1,8	10,7	18,5
VZ10	4,4	318	64,8	1,9	58,2	3,6	6,1	0,3	2,0	3,1	11,9	0,2	3,2	1460	748	229	15	415	46	1,6	111	57	23	61	247	2,0	9,7	30,2
VZ11	5,1	458	71,2	1,3	69,0	2,8	15,2	0,6	2,4	3,5	13,7	0,2	3,2	1471	969	486	7	639	49	2,1	113	55	21	40	1413	1,5	13,4	28,5
VZ12	4,5	469	39,8	1,1	32,1	0,3	7,7	0,3	2,0	3,8	9,7	0,1	3,3	1144	784	309	9	391	26	1,6	100	40	21	72	330	1,5	11,6	18,5
VZ13	5,5	394	40,9	1,6	37,3	0,4	4,7	0,3	2,0	3,5	9,1	0,2	3,2	1164	1001	412	9	776	72	4,1	116	51	27	157	477	1,2	10,8	27,1
VZ14	2,6	443	47,3	1,0	33,4	0,3	7,4	0,4	1,9	2,3	10,5	0,2	3,6	678	357	209	6	119	32	3,1	113	31	6	117	90	1,9	10,1	11,0
VZ15	2,3	373	40,8	1,3	27,5	2,3	5,6	0,3	1,3	1,7	10,6	0,2	3,3	891	577	296	9	272	22	2,2	104	41	13	60	197	1,5	15,3	18,1
VZ16	1,3	338	50,8	0,3	35,2	0,1	8,5	0,5	1,6	1,5	10,7	0,2	3,8	579	285	203	4	116	14	4,2	99	28	6	120	71	2,0	12,2	8,9
VZ17	12,7	522	29,0	1,7	22,3	0,1	3,8	0,3	1,6	4,0	8,0	0,2	3,1	980	586	119	13	174	27	2,8	98	53	13	51	89	1,7	14,0	24,4
VZ18	3,5	420	42,0	1,7	31,9	2,0	6,3	0,4	1,6	2,2	8,6	0,1	3,3	823	662	211	8	373	26	5,8	107	30	13	55	118	1,2	15,7	17,3
VZ19	3,2	422	34,5	1,1	23,7	2,0	4,8	0,3	1,5	2,4	8,2	0,1	3,5	693	549	356	6	243	39	2,0	119	31	10	81	405	1,3	14,9	15,0
VZ20	4,3	317	68,1	0,8	50,7	2,4	6,7	0,6	2,3	3,5	9,2	0,1	3,4	1708	106	380	13	117	6	1,2	111	52	10	123	240	16,1	2,9	24,1
VZ21	3,8	494	40,9	0,7	35,2	2,3	4,0	0,3	1,9	2,9	10,7	0,1	3,2	1017	569	447	8	340	35	2,6	115	34	12	81	186	1,8	11,6	21,4
VZ22	5,5	587	37,7	0,5	29,9	0,7	4,7	0,4	2,1	3,5	11,1	0,1	3,3	812	427	215	10	158	45	4,4	94	30	7	111	61	1,9	13,0	18,0
VZ23	5,6	498	39,5	0,8	29,8	0,7	5,2	0,3	2,1	3,3	9,7	0,2	3,3	760	314	200	6	210	27	3,8	95	30	13	106	162	2,4	16,5	13,9
VZ24	7,2	600	47,5	1,2	36,0	0,8	5,1	0,6	2,5	4,8	10,7	0,2	3,2	1069	798	231	7	348	96	3,7	108	44	13	144	135	1,3	10,8	21,8
VZ25	5,0	818	88,4	0,8	68,9	1,4	9,6	1,1	4,0	5,8	12,8	0,2	3,4	2098	755	500	21	575	74	3,1	174	50	18	107	721	2,8	7,5	30,8
VZ26	5,5	794	35,5	1,5	29,7	3,5	4,2	0,3	2,4	3,8	10,6	0,1	3,2	920	1266	439	8	608	79	10,0	135	47	24	69	234	0,7	20,6	24,0
VZ27	11,5	678	62,3	1,4	49,8	1,2	5,4	0,5	2,8	5,4	9,3	0,2	3,2	2061	1255	400	20	651	123	2,4	157	59	26	211	508	1,6	13,2	36,8
VZ28	8,0	805	57,6	1,6	51,5	3,9	4,2	0,4	3,3	4,9	12,8	0,1	3,5	1606	1299	1023	8	567	75	1,2	159	54	19	124	918	1,2	17,5	31,0
VZ29	8,3	636	88,5	0,5	57,6	1,9	6,4	0,6	4,0	5,5	11,1	0,2	3,4	2881	533	434	9	339	48	1,8	156	36	22	203	218	5,4	7,0	37,8
VZ30	5,6	475	33,7	1,0	24,4	0,6	4,2	0,4	1,7	2,7	9,7	0,1	3,1	997	907	286	7	334	78	5,1	102	51	13	133	156	1,1	15,5	21,2
VZ31	11,1	365	45,8	1,5	33,8	1,3	3,5	0,2	2,1	4,1	8,7	0,1	3,5	1828	1244	617	8	432	74	0,9	130	48	22	84	548	1,5	15,2	32,5
VZ32	6,3	482	46,9	1,8	46,1	0,8	3,3	0,3	2,1	3,5	9,6	0,2	3,4	1060	1209	842	10	599	96	1,6	89	39	29	142	744	0,9	17,9	27,9
VZ33	5,8	488	34,9	0,7	31,5	1,7	2,3	0,4	1,7	2,8	9,2	0,1	3,2	1483	536	556	28	333	33	1,4	104	45	27	86	1147	2,8	8,3	26,8
VZ34	5,9	321	17,3	2,0	12,1	1,9	1,3	0,1	1,3	2,7	9,7	0,1	3,2	525	1640	251	5	538	68	5,1	108	53	29	108	323	0,3	29,0	30,2
VZ35	6,9	271	54,5	2,0	48,6	0,7	3,9	0,4	1,8	3,6	9,6	0,2	3,4	1654	1278	487	19	440	98	0,9	138	71	31	118	357	1,3	14,3	30,2
VZ36	3,9	356	28,7	2,3	32,2	2,7	2,3	0,2	1,6	3,3	12,8	0,2	3,3	625	1927	309	23	784	55	2,6	125	63	44	83	210	0,3	22,6	16,2

Locatie	OS	Olsen-P	Destructie										pH	Zoutextractie												Strontium	
			Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	Mn-t	P-t	S-t	Si-t	Zn-t		Al	Ca	K	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	NO3	NH4	Al/Ca-ratio	BV	CEC
	%	µmol/l	mmol/l											µmol/l													%	meq/l
DZ1	1,7	163	108,7	2,2	59,6	2,2	20,1	0,7	1,6	0,8	11,4	0,2	4,1	1146	195	364	5	123	57	1,4	143	41	3	45	213	5,9	14,7	11,9
DZ2	6,5	595	95,3	2,6	129,9	1,2	8,2	0,7	4,7	5,9	12,5	0,1	3,4	1331	1094	301	11	447	51	2,5	169	60	13	223	123	1,2	21,8	25,4
DZ3	2,9	515	92,9	1,7	83,4	1,3	13,0	0,5	2,7	3,6	14,4	0,1	3,5	1463	1013	318	11	440	23	3,7	155	60	15	285	198	1,4	13,0	20,2
DZ4	1,3	188	118,9	3,5	43,7	3,3	23,0	0,5	1,7	0,8	11,3	0,2	4,3	698	114	278	6	50	5	2,0	137	32	3	83	27	6,1	7,1	6,6
DZ5	4,3	648	81,3	2,2	45,8	1,4	13,9	0,4	2,2	2,4	13,1	0,2	3,8	1419	685	386	7	268	25	4,5	144	39	25	74	224	2,1	12,3	21,3
DZ6	1,1	158	92,7	2,8	60,6	1,6	15,2	0,4	1,6	1,1	11,8	0,2	4,1	838	96	199	4	57	2	0,5	129	34	3	88	14	8,7	12,2	7,9
DZ7	3,1	263	83,1	1,5	45,5	1,1	13,1	0,3	1,7	1,6	9,2	0,2	3,9	1170	337	240	9	202	9	0,9	112	50	6	73	32	3,5	15,4	14,3
DZ8	1,5	243	76,9	1,4	48,6	1,5	14,9	0,3	1,3	1,3	10,3	0,2	3,7	1257	364	234	10	173	24	1,3	124	31	7	102	119	3,5	14,7	16,1
DZ9	2,1	265	98,2	1,3	64,4	2,7	18,1	0,7	2,2	1,3	10,5	0,1	4,0	1240	235	250	5	145	15	1,4	120	37	5	143	89	5,3	14,5	14,8
DZ10	2,2	605	129,4	3,6	64,1	4,8	23,4	1,4	3,1	1,4	11,2	0,2	4,1	808	1834	723	4	1051	127	3,5	105	46	12	105	65	0,4	42,8	20,6
DZ11	1,2	141	104,5	2,3	48,7	1,4	14,9	0,5	1,9	0,9	11,1	0,2	4,4	407	54	154	2	29	2	0,6	176	23	2	47	7	7,5	12,4	5,5
DZ12	1,7	272	99,7	2,6	47,5	2,1	18,4	0,3	1,8	1,7	12,0	0,2	3,7	1186	335	219	10	228	11	2,0	123	40	6	96	47	3,5	17,9	13,1
DZ13	3,3	569	58,9	2,9	33,9	1,2	9,3	0,3	2,0	2,9	12,0	0,1	3,9	513	1450	354	5	710	60	3,0	117	39	11	40	1076	0,4	26,8	17,8
DZ14	2,4	333	82,7	3,6	39,3	1,0	12,8	0,3	1,9	2,3	12,0	0,2	3,8	1086	503	350	11	285	11	2,3	151	49	10	78	135	2,2	12,4	11,5
DZ15	4,3	1588	88,0	8,8	44,7	3,4	15,1	1,6	8,9	4,9	11,8	0,3	4,2	184	4590	477	4	975	39	6,8	98	47	43	90	82	0,04	63,4	23,9
DZ16	1,9	331	75,5	1,4	45,3	1,2	13,9	0,3	1,8	2,3	11,9	0,2	3,9	1079	405	367	14	208	12	1,3	119	43	7	58	110	2,7	19,3	12,7
DZ17	1,1	206	88,7	1,2	38,0	1,0	13,0	0,3	1,3	0,9	11,0	0,2	4,3	718	83	187	6	45	2	0,5	117	25	2	52	18	8,6	22,6	8,7
DZ18	1,1	148	125,1	2,9	44,4	3,7	22,7	0,3	1,9	0,7	10,1	0,2	4,4	598	133	244	4	78	5	0,5	104	35	2	49	31	4,5	28,3	7,3

Bijlage 2. Tabel met statistische uitkomsten voor de indeling van de zadelsprinkhaan populaties per categorie (zoals in H3).

GOED	OS	OlsenP	pHz	NO3z	NH4z	Alz	Caz	Kz	Mgz	Nmz	Pz	NO3_NH4	Al_Ca	Pt	BV
	(%)	umol/l bodem		umol/l bodem	umol/l bodem	umol/l bodem	umol/l bodem	umol/l bodem	umol/l bodem	umol/l bodem	umol/l bodem			umol/l bodem	%
Min.	1.37	163.2	3.14	8.04	5.33	39.51	72.17	192.2	38.12	4.68	0.1500	0.0100	0.0400	1470.00	6.00
1st Qu.	3.97	374.3	3.55	28.82	77.80	634.36	452.43	285.1	238.53	38.84	0.8025	0.1000	0.5925	3058.00	15.25
Median	5.36	**517.5 a**	**3.94a**	59.56	251.38	**1056.59a**	940.24	382.1	500.37	**56.72a**	**1.440a**	0.3900	**0.9550a**	**3490 a**	**17.00 a**
Mean	5.90	756.6	3.85	96.93	420.50	1005.99	1085.46	400.2	759.36	77.97	2.531	0.6856	0.26	5063.00	23.56
3rd Qu.	7.93	706.6	4.16	138.39	606.56	1450.37	1763.12	556.7	885.54	90.44	2.703	0.8175	0.21	4473.00	21.00
Max.	13.36	3460.6	4.48	405.63	1573.61	1886.19	2631.68	614.6	4117.25	338.71	11.640	3.04	2.12	24150.00	65.00
REDELIJK/SLECHT	OS	OlsenP	pHz	NO3z	NH4z	Alz	Caz	Kz	Mgz	Nmz	Pz	NO3_NH4	Al_Ca	Pt	BV
	(%)	umol/l bodem		umol/l bodem										umol/l bodem	%
Min.	0.830	141.3	2.76	1.69	6.97	222.2	53.96	119.3	29.42	1.96	0.370	0.0000	0.140	1100.00	3.00
1st Qu.	3.15	356.5	3.28	43.86	116.37	784.5	476.83	226.0	234.83	13.54	1.41	0.1975	0.870	1665.00	12.00
Median	5.31	**466.6 b**	**3.42b**	80.86	174.16	**1038.2a**	751.58	298.6	410.38	**28.05b**	**2.50ab**	0.3800	**1.51ab**	**2130b**	**14.50 b**
Mean	5.41	475.7	3.50	90.12	280.21	1119.7	927.41	330.2	474.94	39.16	3.25	0.7625	2.22	2478.00	15.63
3rd Qu.	7.24	578.4	3.79	120.86	291.29	1436.6	1268.49	382.4	542.02	60.72	4.21	0.7675	2.20	2745.00	17.00
Max.	15.77	1336.4	4.35	290.86	1671.20	2881.4	3187.75	1023.0	3607.57	123.17	15.44	6.80	16.10	8130.00	54.00
SLECHT	OS	OlsenP	pHz	NO3z	NH4z	Alz	Caz	Kz	Mgz	Nmz	Pz	NO3_NH4	Al_Ca	Pt	BV
	(%)	umol/l bodem		umol/l bodem										mmol/l bodem	%
Min.	0.720	128.5	2.99	1.34	9.02	35.36	47.54	158.7	32.52	1.45	0.400	0.0100	0.01	930.00	2.00
1st Qu.	1.73	372.8	3.46	40.06	61.01	952.70	218.37	233.6	150.71	5.99	1.28	0.2200	1.24	1840.00	14.00
Median	3.79	**462.6b**	**3.71a**	72.14	123.93	**1204.14b**	540.23	295.3	269.39	**12.85c**	**1.74ac**	0.5700	**2.63 ac**	**2340b**	**19.00 a**
Mean	4.77	516.9	3.70	99.44	282.39	1296.33	878.34	382.8	447.42	27.19	2.08	0.8679	4.16	2675.00	19.81
3rd Qu.	7.51	567.3	3.90	102.31	251.10	1598.23	1110.35	425.6	589.80	36.94	2.49	11.60	5.41	3050.00	23.00
Max.	14.54	3359.7	5.13	907.71	2933.78	3065.85	6932.23	1760.2	2548.82	202.95	12.74	55.30	26.93	18170.00	90.00

60246 0035

innogreen

Klant: Staatsbosbeheer
Project: onderzoek grond locatie A, B, & E
Locatie/adres: Bergschenhoek

Contactpersoon: 5.1.2e
team Advies & Projecten (ZH) - projecten | provinciale eenheid Zuid-Holland
Adviseur: 5.1.2e
Datum: 26-08-2022

Advies Innogreen BV		
innogreen	Klant:	Staatsbosbeheer
	Project:	Grondonderzoek
	Monster:	Bestaande grond
	Plaats:	Bergschenhoek, thv Hogelanddreef A, B, & E
	Grondsoort:	kleigrond
	Adviseur:	5.1.2e
	Contact:	5.1.2e
	Datum:	26-08-2022

Analyse nummer(s):	Gazon	Border	Bomen	Plantsoen	Overig, namelijk:
SP22-028845					bloemenweide

Omschrijving project/locatie:
Het betreft een monster van een kleigrond aan de Hogelanddreef locatie A, B, & E. De grond is hier een redelijke kleigrond. De toplaag is redelijk los (0-10 cm), maar daaronder is de grond sterk verdicht. Het beoogde doel is de grond te verbeteren voor inzaai bloemenweide.
Toelichting uitslag bodemanalyse(s):
Het gehalte aan lutum is goed, silt en afslibbaar redelijk tot goed. Organische stof is goed. De pH is hoog. Koolzure kalk (CaCO3) is hoog, de hoeveelheid beschikbaar calcium is eveneens hoog, terwijl de bodemvoorraad ook aan de hoge kant is. De bodemvoorraad aan stikstof is hoog, kali goed, magnesium goed. Fosfaat is te laag en zwavel wat te hoog. De C/N verhouding is voldoende voor deze grond. Beschikbaar is stikstof goed, fosfaat erg laag, kali wat laag en magnesium goed. Zwavel hoog. De CEC is prima en voornamelijk bezet met calcium. Voor een bloemenweide is er teveel stikstof, te weinig fosfaat en is de toplaagstructuur te vast. De verhouding Calcium, magnesium en kali is goed.
Voorstel /advies
Om deze grond geschikt te maken voor bloemenweide dient de grond goed los gemaakt te worden met een spitfrees tot 20/30 cm. Daarnaast fosfaat aanvullen. De eerste twee jaar maaien en afvoeren om te verschralen (stikstof met name). Kies een bloemen mengsel wat geschikt is voor rijkere gronden.
Toelichting advies/producten:
Fosfaatmix P, bemesting van met name fosfaat

Innogreen BV aanvaardt geen aansprakelijkheid voor verminderde werking of eventuele schade als gevolg van uitgebrachte adviezen of een onjuiste toepassing/verwerking van haar producten.

Strooi-productadvies:

Adviezen in kg per 100 m² tenzij anders aangegeven!	Start voor inzaai					
Product/meststof:	**2022**	**toevoegen**				
Start met spitfrezen daarna strooien en egaliseren	oppervlakte					
Fosfaatmix P	5 kg					
2022						
2023 en 2024						
	april	**juni**	**november**			
Maaien en afvoeren						
2025						
BioBasis (NPK 8-3-8)	5 kg					
kieseriet	2,5 kg					

Overige opmerkingen verwerking:

Jaarlijks wat bijzaaien om soortenrijkdom te bevorderen.

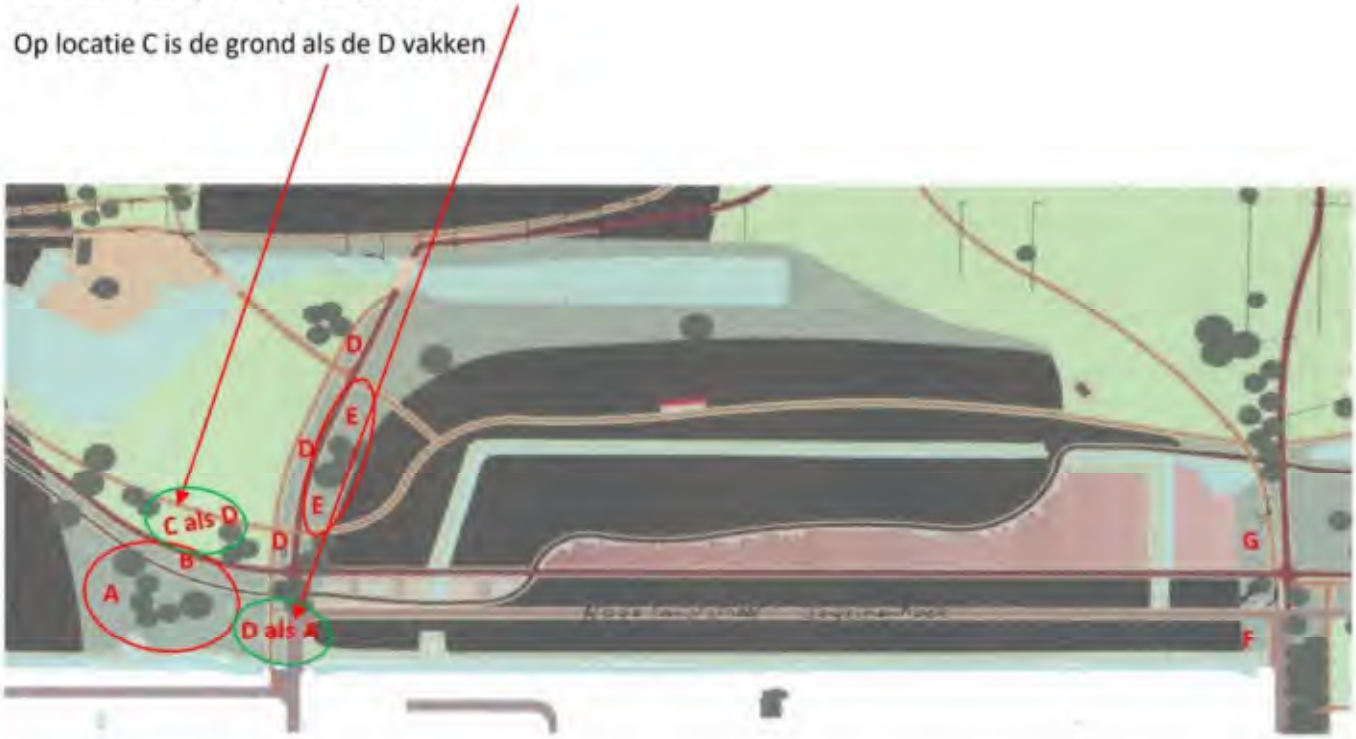
Innogreen BV / Vierlinghstraat 55 / 4251 LC Werkendam / innogreen.nl / info@innogreen.nl / (0)183-509796

Innogreen BV aanvaardt geen aansprakelijkheid voor verminderde werking of eventuele schade als gevolg van uitgebrachte adviezen of een onjuiste toepassing/verwerking van haar producten.

Locatie van bemonstering A,B en E

Locatie D (zie op kaart) is de grond als A

Op locatie C is de grond als de D vakken



Innogreen BV aanvaardt geen aansprakelijkheid voor verminderde werking of eventuele schade als gevolg van uitgebrachte adviezen of een onjuiste toepassing/verwerking van haar producten.

Bijlage: algemene toelichting bodemanalyse onderdelen

Organische stof
De basis van een gezonde bodem. Organische stof is voldoende afgebroken organisch materiaal. Hierbij kan gedacht worden aan blad, takken, oude plantenstengels en gestorven bodemdiertjes. Het wordt ook wel eens stabiele humus genoemd. Een bodem met een gezond percentage organische stof kan goed vocht en voedingsstoffen aan zich binden. Organische stof zorgt naast structuur ook voor de levering van voeding als er voldoende omzetting is door het bodemleven.

Afslibbaarheid
De afslibbaarheid wordt veelal berekend uit de combinatie van lutum en silt in de bodem. Het zijn de kleideeltjes in de bodem. De kleinste deeltjes die er mede voor zorgen dat de grond voeding en vocht kan vasthouden. Bij te hoge percentages afslibbaarheid kan een bodem slempgevoelig worden.

pH (zuurgraad van de bodem)
De zuurgraad van een bodem zegt veel over de beschikbaarheid van voedingsstoffen voor een plant. Balans is hierbij een belangrijk woord. Sommige planten zijn gebaat bij een zuurdere grond met een lage pH (4.0 – 5.5). Dit noemen we de zuurminnende planten. Andere (de grootste groep) is gebaat bij een hogere pH (5.0 – 7.0). Afhankelijk van het type gewas kan een pH bepalend zijn voor het resultaat. Bij een te hoge pH worden bepaalde sporenelementen moeilijker opneembaar. Een te lage pH kan weer zorgen voor een slecht functionerend bodemleven waardoor organische stof niet wordt afgebroken.

Hoofd- en sporenelementen (voeding voor de plant)
Een plant neemt voedingselementen op uit de bodem. Deze elementen hebben allemaal hun functie en zijn noodzakelijk voor een goede groei. We onderscheiden twee groepen:

Hoofdelementen: stikstof, fosfaat, kalium, calcium, magnesium, zwavel

Sporenelementen: ijzer, koper, borium, molybdeem, mangaan, silicium en zink.

Een plant heeft vooral hoofdelementen in grote mate nodig. Sporenelementen neemt het veel minder op, maar die zijn wel essentieel voor een gezonde groei van de plant.

Calcium (Kalk)
Calcium is een belangrijk element in de bodem. Het draagt bij aan de structuur van de grond en is voor de plant van belang voor de stevigheid van de celwanden. Daarnaast wordt kalk gebruikt om een pH te verhogen of onderhoudsmatig op pijl te houden in een bodem.

CEC (Cation Exchange Capicity)
Het CEC bepaald in hoeverre de grond voedingsstoffen aan zich kan binden. Dit hangt samen met het percentage organische stof en de afslibbaarheid. De bezetting van het CEC zegt iets over welke voedingsstoffen gebonden zijn aan de grond. Door omzetting kan dit op termijn vrijgemaakt worden. Het is dus geen voeding die, in de huidige vorm, opneembaar is voor de plant.

Innogreen BV aanvaardt geen aansprakelijkheid voor verminderde werking of eventuele schade als gevolg van uitgebrachte adviezen of een onjuiste toepassing/verwerking van haar producten.

BemestingsWijzer
Grasland
P2

Uw klantnummer: 8957924

Provincie Overijssel
Eenhheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice@eurofins-agro.com
I www.eurofins-agro.com

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
	772643/005169979	09-09-2020	30-09-2020

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag / vrij laag / goed / vrij hoog / hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	4040	1260 - 1840	
	C/N-ratio		14	13 - 17	
	N-leverend vermogen	kg N/ha	175	95 - 145	
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	5	20 - 30	
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	530	230 - 320	
	C/S-ratio		104	50 - 75	
	S-leverend vermogen	kg S/ha	10	20 - 30	
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	5,6	2,5 - 3,6	
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	415	135 - 195	
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	125	85 - 125	
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	155	100 - 150	
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	25	80 - 190	
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	1255	1165 - 1750	
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	175	100 - 150	
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	255	65 - 160	
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	10	60 - 100	
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	40	25 - 40	
Fysisch	Zuurgraad (pH)		5,0	5,0 - 5,7	
	C-organisch	%	4,8		
	Organische stof	%	8,9		
	C/OS-ratio		0,54	0,45 - 0,55	
	Koolzure kalk	%	< 0,2	2,0 - 3,0	
	Klei (<2 µm)	%	2		
	Silt (2-50 µm)	%	9		
	Zand (>50 µm)	%	80		
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	85	> 99	
	CEC-bezetting	%	93	> 95	
	Ca-bezetting	%	65	75 - 85	
	Mg-bezetting	%	22	6,0 - 10	
	K-bezetting	%	4,1	2,0 - 5,0	
	Na-bezetting	%	1,9	1,0 - 1,5	
	H-bezetting	%	< 0,1	< 1,0	
	Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0	

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag / vrij laag / goed / zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0	
Verslemping	rapportcijfer	8,8	6,0 - 8,0	

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch	Vochthoudend vermogen	mm	23						
	Microbiële biomassa	mg C/kg	663	445 - 1335					
	Microbiële activiteit	mg N/kg	115	125 - 175					
	Schimmel/bacterie-ratio		0,8	0,7 - 1,0					

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 84	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-PAE)	= 4,9	mg P/kg
Pw-getal	= 79	mg P_2O_5/l

Advies **Stikstof (N)** **2021 t/m 2024**

	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	319	zeer licht weiden	< 1000	47	13	11	11	12	11	11
		licht weiden	1000 - 1500	66	18	30	30	28	25	22
		normaal weiden	1500 - 2000	82	44	46	46	41	35	30
		licht maaien	2000 - 2500	95	67	61	61	50	41	
		normaal maaien	2500 - 3000	105	87	72	72	56		
		zwaar maaien	> 3000	111	104	82	82			
		standweiden		67	-	49	38	40	30	30

		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	2021 1e snede	2021 volgende snedes	2022 t/m 2024 1e snede	2022 t/m 2024 volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	35 (2e snede)	35	35 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		15	0	25	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		15	0	25	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	15	20 (3e maaien)	25	20
		normaal maaien	> 2500	15	25 (3e maaien)	25	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		40	15 (eenmalig)	60	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		40	85 (eenmalig)	60	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	80	50	100	70
		normaal maaien	> 2500	115	80	140	100

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	110	110	110	110

		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	2021 1e snede	2021 volgende snedes	2022 t/m 2024 1e snede	2022 t/m 2024 volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)			0	0 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)			25	25 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	705	-	-	-
		Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 175			

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	120
	Calcium (CaO)	eenmalig	405
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
De P-buffering is 17 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 18

Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

Organische stof

Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 2,4

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Nog aan te vullen via bijvoorbeeld dierlijke mest.

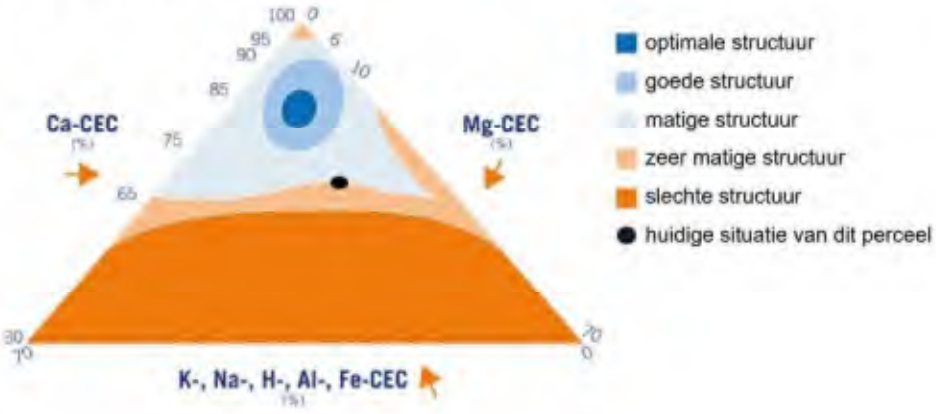
Figuur: Kwaliteit van de organische stof

Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek



Figuur: Textuurdriehoek

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

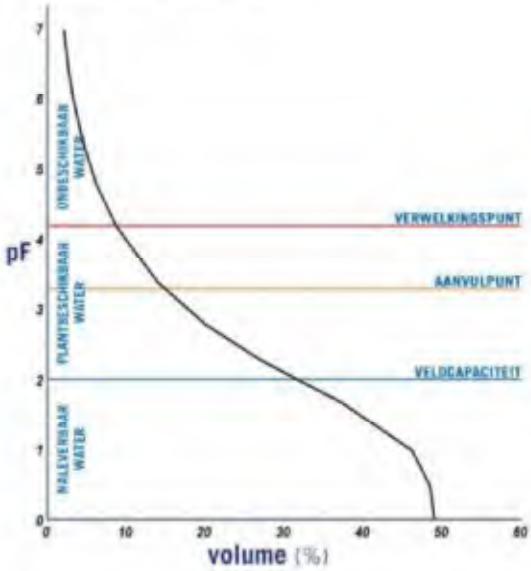
Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Fysisch

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 23 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 15,0 % vocht zit en geef dan 17 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, 5.1.2e
Contactpersoon monstername:	5.1.2e 5.1.2e
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Normaal

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Methode Analyse resultaten

	Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
N-totale bodemvoorraad	3550	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
S-plantbeschikbaar	4,3	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
S-totale bodemvoorraad	465	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
P-plantbeschikbaar	4,9	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
P-bodemvoorraad	84	mg P_2O_5/100 g	PAL1: Gw NEN 5793	Q
K-plantbeschikbaar	108	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
K-bodemvoorraad	3,5	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Ca-plantbeschikbaar	0,3	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
Ca-bodemvoorraad	73	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Mg-plantbeschikbaar	153	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
Mg-bodemvoorraad	18,5	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Na-plantbeschikbaar	9	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
Na-bodemvoorraad	1,6	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Zuurgraad (pH)	5,0		Em: NIRS (TSC®)	
C-organisch	4,8	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
Organische stof	8,9	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
C-anorganisch	0,08	%	Em: NIRS (TSC®)	
Kooltzure kalk	< 0,2	%	Em: NIRS (TSC®)	
Klei (<2 µm)	2	%	Em: NIRS (TSC®)	
Silt (2-50 µm)	9	%	Em: NIRS (TSC®)	
Zand (>50 µm)	80	%	Em: NIRS (TSC®)	
Klei-humus (CEC)	85	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Microbiële biomassa	663	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Microbiële activiteit	115	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Schimmel biomassa	170	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
Bacteriële biomassa	224	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform
P-bodemvoorraad Deze analyse is in duplo uitgevoerd.

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 15-09-2020

Projectplan POP3

Revitalisering Liesbos

Herstel- en inrichtingsmaatregelen natuur en biodiversiteit

Staatsbosbeheer **Bosgroep Zuid**

Colofon

Opdrachtgever:	Provincie Noord-Brabant
Titel:	Projectplan POP3 revitalisering Liesbos
Status:	Definitief
Datum:	Juli 2021
Auteur(s):	5.1.2e
Foto's:	Nvt
Kaartmateriaal:	Copyright © **, Dienst voor het kadaster en openbare registers, Apeldoorn
Projectnummer:	21841675.003

© Coöperatie Bosgroep Zuid Nederland u.a.
Postbus 106
5660 AC Geldrop
t (040) 20 66 360
www.bosgroepen.nl

Inhoudsopgave

1	**Projectdefinitie**		**4**
	1.1	Achtergrond/probleemanalyse	4
	1.2	Doelstelling (en) project	8
	1.3	Beschrijving project	9
	1.4	wijze van uitvoering van het project (project organisatie)	10
	1.5	Verwachte planning en realisatietermijn van het project	11
	1.6	Verwachte liquiditeitsplanning van het project	12
	1.7	Verwachte resultaten van het project	13
2	**Projectactiviteiten**		**14**
	2.1	Projectactiviteiten	14
	2.2	Start- en einddatum project	18
	2.3	Omgevingseffecten	19
	2.4	Risicofactoren, afhankelijkheden en randvoorwaarden	19
3	**Aansluiting bij selectiecriteria**		**20**
4	**Begroting en financiering**		**21**
	4.1	Begroting	21
	4.2	Financiering	21
5	**Administratieve organisatie/interne beheersing**		**22**
	5.1	Administratieve organisatie, interne beheersing en projectadministratie	22
	5.1.1	Administratieve organisatie	22
	5.1.2	Projectadministratie	22
	5.2	Beginselen van goed financieel beheer	22
6	**Promotie en publiciteit**		**25**
Literatuur en websites			**26**
Bijlage 1: Gebiedskaarten			**27**

60249 0038

1 Projectdefinitie

Gebiedsnaam	Liesbos
Eigenaar	Gemeente Breda
Oppervlakte	Ca. 200 ha Waarvan -hydrologisch onderzoek en herstel (ca. 200 ha) -aanplant op het beheertype N14.03 (ca. 66 ha)
Type regeling	POP3 Revitalisering
Looptijd project	4 jaar; zijnde 2021 t/m 31 december 2024

1.1 Achtergrond/probleemanalyse

Dit project betreft het Liesbos, ten zuiden van Prinsenbeek in de gemeente Breda. In het westen grenst het gebied aan de gemeentegrens met Etten-Leur. Het gebied ligt ingeperkt met aan de noordzijde de spoorlijn Roosendaal-Breda, aan de oostzijde de A16, de zuidzijde de A58, en aan de westzijde de stad Etten-Leur. Het gebied maakt onderdeel uit van het NNB, provinciaal deel en maakt onderdeel uit van de Ecologische Verbindingszone. Aan de Noordzijde is het gebied via een nauwe strook verbonden met de Oostpolder, aan de zuidzijde met de verderop gelegen Blijloop en Turfvaart. Het bos kent sinds de 16de eeuw een ononderbroken traditie van hoogwaardige eikenteelt, wat het bos voor Nederland uniek maakt. Het bos wordt sinds 1899 beheerd door Staatsbosbeheer, en vervult tot op heden een hoge belangrijke recreatieve functie.

Het Liesbos is ca. 200 hectare groot en bestaat voornamelijk uit loofbomen. De ondergrond bestaat uit beekeerdgronden en veldpodzolgronden (zie bijlage 1 en 2).
Op de Beekeerdgronden bestaat de aanplant uit hoofdzakelijk zomereik met als tweede boomlaag meestal beuk. Enkele bosvakken bestaan voornamelijk uit Beuk. Onder de volwassen gemengde opstanden vind er weinig verjonging plaats. De vochtige bossen langs de beeklopen zijn (over het algemeen) ingedeeld als natuurbos en betreft circa 66 ha van het totale bosgebied. (=40%), en kent zowel beheertype als ambitietype Haagbeuken- en essenbos (N14.03).
Op de veldpodzolgronden zijn rond de percelen met eik en beuk ook enkele percelen te vinden met hoofdboomsoorten als grove den, corsicaanse den en douglas. Deze bevinden zich op de minder goede groeiplaatsen aan de randen van het gebied. Deze bosgronden zijn ingedeeld als multifunctioneel bos en betreft circa 101ha van het totale bosgebied (=60%). Het beheertype is op de maatregelenkaart weergegeven als Droog bos met productie N16.03. Op de ambitietype kaart staan deze gronden weergegeven als natuurdoeltype Dennen-, eiken- en beukenbos (N 15.02).
Het gehele liesbos vertegenwoordigt hoge natuurwaarden met een bijzondere flora. Hier toe behoren soorten als bosanemoon, bleke zegge, bosgierstgras, boswederik, dicht havikskruid, echte guldenroede, fraai hertshooi, reuzenzwenkgras, schaafstro en tandjesgras. Enkele van deze soorten komen nog maar op weinig plekken voor in Noord-Brabant. Deze standplaatsen staan echter onder druk vanwege de gevolgen van een verhoogde stikstofdepositie en verdroging van het gebied.

60249 0038

Figuur 1: ligging van het liesbos en afbakening van het gebied, zie ook bijlage 12.

Onderhavige aanvraag is tweeledig opgesteld. Beide gedeelten zijn begrenst op de maatregelenkaart "Herstel- en inrichtingsmaatregelen natuur en biodiversiteit" van De provincie Noord-Brabant.
Deel een betreft het voorstel voor de uitvoering van een hydrologisch onderzoek op het totale gebied (ca 200 ha).
Deel twee betreft het voorstel voor de aanplant op het beheertype N14.03 (ca 66 ha) op de Beekeerdgronden.

Het beheertype Droog bos met productie N16.03 (ca. 101 ha), aanwezig op de veldpodzolgronden, wordt niet meegenomen in dit projectplan. Wegens de functie van houtproductie die van belang is voor Staatsbosbeheer op dit beheertype.

Figuur 2. Impressie van een bosvak omsloten door een watervoerende sloot

Probleemanalyse

Het Liesbos kenmerkt zicht door het voorkomen van een karakteristieke flora, kenmerkend voor oude bossen. Vegetatieopnamen en informatie afkomstig van NDFF laten zien dat de flora in het Liesbos sterk aan kwaliteit en areaal heeft ingeboet in de afgelopen decennia. Hierbij zijn enerzijds soorten verdwenen en anderzijds zijn van oudsher algemene soorten duidelijk zeldzamer geworden. Voorbeelden hiervan zijn Adderwortel, Bittere veldkers, Borstelgras, Bosanemoon, Bospaardenstaart, Eenbes, Groot Heksenkruid, Grote keverorchis, Gulden boterbloem, Kale vrouwenmantel, Slanke sleutelbloem en Witte Rapunzel.

Oorzaken van de sterke achteruitgang zijn de -nog altijd veel te hoge- stikstofdepositie en verdroging. Door de stikstofdepositie treedt er eutrofiering op, waarbij de bodem sterk verzuurt. Bufferende ionen laten los van het bodemcomplex en spoelen uit. Hierdoor treden deficiënties op bij niet alleen flora, maar ook bij andere organismen die van de flora afhankelijk zijn. De verzuring van de bodem wordt versterkt door verdroging. Door sterke aantasting van de oorspronkelijke hydrologie van het systeem buiten de grenzen van het Liesbos treden kwelsituaties in het Liesbos nauwelijks meer op, waardoor het bodemcomplex niet meer langs natuurlijke weg aangevuld wordt met bufferende ionen.

Dit heeft tot gevolg dat de bodem de afgelopen decennia sterk verzuurd geraakt is, en oorspronkelijke standplaatsen van de karakteristieke soorten ongeschikt geworden zijn. Hierdoor zijn de nog aanwezige doelsoorten sterk in oppervlakte afgenomen. De ondergroei in de bossen is op veel plekken zeer sterk verruigd met stikstof minnende soorten als braam en grote brandnetel.

Ook als nieuwe open plekken worden gemaakt in het bos groeien die heel snel dicht met soorten als braam en grote brandnetel. Veel van de doelsoorten komen alleen nog maar aan de randen van bossen en langs paden voor.

In alle bosvakken zijn rabatten aanwezig die duiden op de natte bosgeschiedenis. Daarnaast zijn alle bosvakken van oudsher omgeven door sloten die inmiddels het bos meer draineren dan voorafgaand aan de wateronttrekking rond het Liesbos het geval was: de aanwezige stuwen bij de uitgang zijn afgestemd op het peilbeheer voor omliggende landbouwgebieden. Wegens de nabije ligging van de snelweg de A58 is er bovendien een bronbemaling aan de zuidkant van het gebied gekomen, die extra water aan het gebied onttrekt. Hierdoor vindt er een continue bovengrondse- en ondergrondse waterstroom plaats het gebied uit en is kwelherstel verder weg dan ooit.

Dankzij de ondergrond is in het gebied de potentie aanwezig om kwelsituaties te laten ontstaan, waarbij kalkrijk kwelwater naar de oppervlakte komt. Wegens bovengenoemde ingrepen in het landschap is deze situatie echter onvoldoende aanwezig. De vraag is of het weglekken van kweldruk naar de omgeving door interne maatregelen alléén nog kan worden gecompenseerd, of dat deze maatregelen alleen nog tot het vasthouden van regenwaterkwaliteit zal leiden. Wanneer het optreden van kwel de kans krijgt, kan dit de effecten van verdroging en verzuring tegengaan. Bij herstel van kwelwaterdruk in het bodemprofiel kan in de bodem het kation uitwisselend vermogen (CEC) worden opgeladen, waarmee de pH van de bodem uiteindelijk zelfs weer kan stijgen. Deze natuurlijke werking van het systeem krijgt door de verlaagde grondwaterniveaus in en om het Liesbos echter geen kans.
De gedachte leeft dat wanneer de kwelsituatie op orde gebracht wordt , het systeem vanuit zichzelf de effecten van verdroging en verzuring grotendeels kan compenseren.

Deze problematiek is reeds eerder onderzocht en samengevat in rapporten van Kiwa NV. (2001), met een vervolg onderzoek uitgevoerd door Arcadis (2004).
In deze rapporten wordt gestreefd naar nattere groeiplaatscondities door middel van hydrologische maatregelen. Hierbij wordt de vitaliteit van de huidige bos opstanden in acht genomen. Gebruikte onderzoeksmethoden als een boomtechnisch- en een landmeetkundig onderzoek geven de maximaal toelaatbare stijghoogten weer van de grondwaterspiegel in de onderzochte bosvakken. Het onderzoek geeft als conclusie de locatie- en hoogte aanduiding voor het plaatsen van vijf stuwen en de ophoging van slootbodems van prioritaire sloten, zodat de een grondwaterspiegel bereikt kan worden, zonder dat de vitaliteit van de opstanden aangetast wordt.

De voorgestelde maatregelen zijn reeds uitgevoerd, echter is vanuit waarnemingen van de beheerder gebleken dat het effect nog niet toereikend is. Hierdoor is het voorstel gekomen om het hydrologisch functioneren van het gebied te evalueren en te heronderzoeken, en hierop eventueel verder te bouwen met aanvullende hydrologische maatregelen. Dit onderzoek en mogelijk volgende hydrologische maatregelen worden tevens weergegeven volgens de maatregelenkaart van de Provincie Brabant.

60249 0038

1.2 Doelstelling (en) project

Het doel van het project is driedelig:
I) het stoppen van de achteruitgang van biodiversiteit die het gevolg is van verdroging en de overmaat aan stikstofdepositie.
II) het duurzaam herstellen van het bos-ecosysteem dat als gevolg van verdroging en de overmaat aan stikstofdepositie is achteruitgegaan
III) het verhogen van de ecologische kwaliteit en veerkracht van de bodem en de vegetatie waardoor de biodiversiteit kan toenemen.

Om optimaal effect te bereiken is een strategie geformuleerd, die gericht is op herstel van de botanische rijkdom van het Liesbos die ongeveer 50 jaar geleden nog alom aanwezig was. Effectieve aanpak van gevolgen van de verstoorde mineralenbalans door stikstofophoping in de bosbodem, door:

1) kennis over- en inzicht in het hydrologisch functioneren van het gebied uit te bouwen, mede onder invloed van de eerder uitgevoerde hydrologische maatregelen;
2) zo mogelijk herstel van de mineraalrijke kwelinvloed in de bovengrond door hierop gerichte hydrologische maatregelen;
3) aanvullen van door stikstofdepositie uitgespoelde mineralen door middel van het stimuleren van een vanuit de ondergrond optredende kwelsituatie;
4) aanplanten van boomsoorten met goed verteerbaar strooisel waardoor het bodemleven gestimuleerd wordt, mede door de aanvulling met uit diepere bodemlagen opgenomen basische nutriënten in de bladeren en takken en de door stikstofdepositie verstoorde mineralenbalans hersteld wordt.

Ad 1) Allereerst is een Landschapsecologische Systeem Analyse (LESA) voorzien. Een LESA geeft inzicht in het ontstaan en het huidig functioneren van het gebied. Met een LESA wordt op landschaps- en systeemniveau naar een gebied gekeken. Het laat zien welke processen bepalend zijn voor het voorkomen van planten en dieren (Besselink et al., 2017). Met name voor inzicht in de mogelijkheden van het hydrologisch herstel van een systeem en de daarbij in te zetten herstelmaatregelen is een LESA van belang. In de opdracht is het onderkennen van de sleutelfactoren die geleid hebben tot de achteruitgang van het abiotische en biotische functioneren van de oude bosbodems, een specifiek doel. Met deze kennis en inzichten is het mogelijk te bepalen welke maatregelen de problemen daadwerkelijk en gericht kunnen verminderen.

Ad 2 en 3) Vanuit de resultaten van de LESA zullen bijbehorende hydrologische herstelmaatregelen voorgesteld worden. In dit projectplan is teven ruimte opgenomen voor mogelijke herstelmaatregelen. Door het verhogen van de invloed van basenrijk en kalkrijk kwelwater worden de effecten van verzuring en verdroging gedempt en verdere verdroging tegengegaan.

Ad 4) De bosrevitalisering in de natuurbossen (beheertype N14.03) is gericht op het duurzaam verbeteren van de nutriëntenhuishouding met behulp van aanpassing van de boomsoortensamenstelling. Door het verrijken van het bosecosysteem met inheemse loofboomsoorten met een positief effect op humus- en bodemvorming wordt een duurzame bijdrage geleverd aan een robuust en veerkrachtig bosecosysteem.

1.3 Beschrijving project

Beschrijving van het project

De oppervlakte bos op verzuring gevoelige bodems is van een dusdanige omvang dat niet alles in een keer te realiseren is. Daarom worden binnen het project verschillende strategieën toegepast om effecten van verdroging en de overmaat aan stikstofdepositie terug te dringen, waarbij aard en intensiteit van de maatregelen variëren afhankelijk van de uitgangssituatie: hydrologie, huidige boomsoortensamenstelling en bodemvruchtbaarheid.

Demping van afwateringskanalen wordt uitgevoerd op plekken waar in het verleden slotenstelsels gegraven zijn om bosaanleg mogelijk te maken. Alleen die locaties worden geselecteerd waar de verwachting is dat dat tot daadwerkelijke vernatting zal leiden. Deze zijn onder meer te herkennen aan het feit dat de sloten periodiek (periode maart-april) water bevatten. De maatregel wordt uitgevoerd door eerst organisch materiaal te verwijderen en vervolgens de bodem van de slotenstelsels op te hogen om voldoende effectief te zijn. Daarnaast worden in enkele sterk afvoerende sloten op regelmatige afstanden dammen aangelegd. Om eventuele negatieve effecten op de omgeving in te schatten worden vooraf aan de werkzaamheden waterpassingen uitgevoerd. De maatregelen wordt alleen uitgevoerd wanneer dit niet leidt tot negatieve effecten, zoals mobilisatie van fosfaat of vernatting van landbouwterreinen in de omgeving.

Voor de omvorming naar bossen met boom- en struiksoorten met goed verteerbaar strooisel is de strategie om het gebied op een voorzichtige manier aan te pakken. Het betreft hier de natuurbossen met beheertype N14.03. Binnen het gebied varieert de intensiteit waarmee maatregelen toegepast worden:

1) Verschillende bosvakken zijn geselecteerd om te onderplanten (standaard omvorming 50%). Hierbij zal de omvorming naar rijkstrooiselsoorten in één generatie (40 tot 70 jaar) voltooid zijn.
2) De overige oppervlakte (extensieve omvorming 40%) is vooral gericht op inbrengen van zaadbomen die in ongeveer twee bosgeneraties tot een bos gedomineerd door rijkstrooisel moeten leiden.
3) Verspreid (10% van de oppervlakte) wordt een OAD netwerk ingericht. Dit is een netwerk van oude, aftakelende en dode bomen.

Toelichting maatregelen in relatie tot de houtproductiefunctie

Het project omvat uitsluitend maatregelen die een negatief of neutraal effect hebben op het financieel rendement van bossen. Bossen met hoofdzakelijk productie-boomsoorten worden binnen dit project omgevormd naar bos met een hoog aandeel boomsoorten een hogere ecologische waarde hebben maar die minder productief zijn. Door vernatting gaat de productiecapaciteit van de bodem achteruit.

Er wordt bij dit project geen hout geoogst. De aanplant bestaat uit boom- en struiksoorten met een hoge schaduwtolerantie. Geplant wordt op plaatsen waar voldoende licht is, en niet gekapt hoeft te worden. In de ondergroei wordt indien nodig opslag verwijderd om concurrentie met jonge aanplant te verminderen.

1.4 wijze van uitvoering van het project (project organisatie)

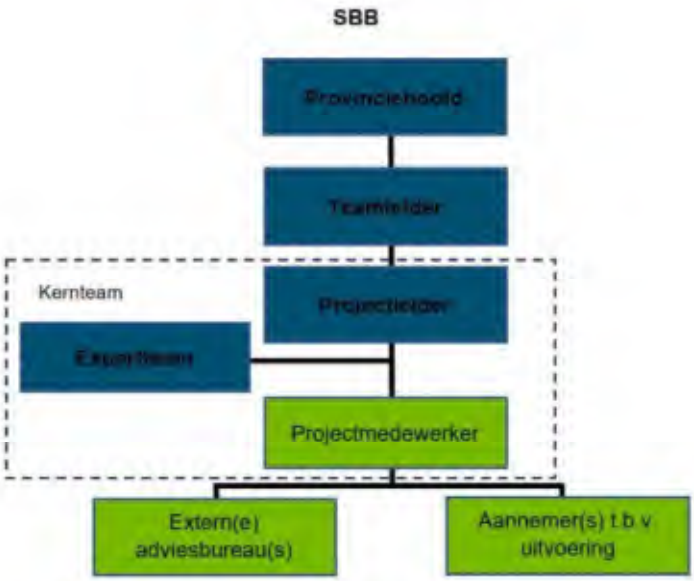
Het project kent twee fasen; voor beschikking en na beschikking. De bosgroep verzorgd de aanvraag, en bundelt de aanvraag voor Staatsbosbeheer (Fase I). Na beschikking (Fase II) begint de uitvoering. Vanaf de uitvoering regelt Staatsbosbeheer zelfstandig het projectmanagement.

Het projectmanagement na beschikking omvat de projectuitvoering, bepalen van de uitvoeringslocatie, wijze van uitvoering, aanschaf van plantsoen en materialen en aanbestedingen. Bij Staatsbosbeheer werkt een team van deskundigen en uitvoerders aan het project. Dat team zal zorg dragen voor de projectleiding, de ecologische analyse en kwaliteitsbewaking, de begeleiding van de uitvoering en het omgevingsmanagement.

Voor de uitvoering van de maatregelen en aanschaf van plantsoen en materialen worden verschillende bedrijven met aantoonbare ervaring op het desbetreffende werkgebied benaderd. In de uitvoerfase zal Staatsbosbeheer de rol van gedelegeerd opdrachtgever op zich nemen.

Bosgroep Zuid-Nederland heeft de subsidieaanvraag verzorgd. Bij beschikking is Staatsbosbeheer de verantwoordelijke partij voor de subsidieverstrekker.

<u>Projectorganisatiestructuur</u>



Figuur 3. Projectorganisatiestructuur Staatsbosbeheer

Tabel 1. taakverdeling binnen de organisatie Staatsbosbeheer

Functie	Taken overige betrokken medewerkers (SBB)
Provinciehoofd	• Regio verantwoordelijke, provinciaal vertegenwoordiger, sturende kracht voor het functioneren van de organisatie.
Teamleider	• Strategische koers, projectevaluaties, escalatiemogelijkheid, vervangen projectleider
Projectleider	• Strategische koers, projectevaluaties, escalatiemogelijkheid.
Projectmedewerker	• Aanspreekpunt voor projectleider BgZN • Aansturen projectmedewerker eigen organisatie • Aanwezig bij projectevaluaties. • Toezichthouder in de uitvoeringsfase
Boswachter	• Inbrengen gebiedskennis • Meedenken in praktische uitvoering project

Tabel 2. functieverdeling binnen de organisatie Staatsbosbeheer

Taak	Functiebenaming
Projectleiding	Projectleider
Ecologische kwaliteitsbewaking	Adviseurs ecologie, bos, hydrologie
Ecologische en bosbouwkundige uitvoering	Ecologisch begeleider, projectmedewerker
Afstemming met eigenaren en belanghebbenden	Boswachter

1.5 Verwachte planning en realisatietermijn van het project

Tabel 3. Projectplanning

Activiteiten	*2021*		*2022*		*2023*		*2024*	
	Q1	*Q3*	*Q1*	*Q3*	*Q1*	*Q3*	*Q1*	*Q3*
Opstellen projectplan								
Opstellen uitvoeringsplan en contract								
Gebiedsanalyse – LESA								
Monitoring 0-situatie								
Hydrologische maatregelen								
Bos aanplant								
Nazorg aanplant								
Monitoring herhaling opnamen								
Oplevering								

1.6 Verwachte liquiditeitsplanning van het project

Dit project heeft de volgende liquiditeitsbehoefte:

Tabel 4. liquiditeitsbehoefte

Termijn		*€/termijn*	*BTW*	*Werkzaamheden (plus personeelskosten)*
1	2021 Q1			
2	2021 Q2			
3	2021 Q3	€ 18.974,77	€ 3.984,70	Voorbereiding aanvraag Opstellen uitvoeringsplan Gebiedsanalyse - LESA
4	2021 Q4	€ 18.974,77	€ 3.984,70	Gebiedsanalyse - LESA + monitoring 0-situatie
5	2022 Q1	€ 18.974,77	€ 3.984,70	Gebiedsanalyse - LESA + monitoring 0-situatie
6	2022 Q2	€ 18.974,77	€ 3.984,70	Gebiedsanalyse - LESA + voorbereiding maatregelen
7	2022 Q3	€ 129.441,81	€ 27.182,78	hydrologische maatregelen
8	2022 Q4	€ 129.441,81	€ 27.182,78	hydrologische maatregelen
9	2023 Q1	€ 129.441,81	€ 27.182,78	hydrologische maatregelen
10	2023 Q2	€ 129.441,81	€ 27.182,78	hydrologische maatregelen
11	2023 Q3	€ 9.301,81	€ 1.953,38	voorbereiding bosaanplant
12	2023 Q4	€ 57.646,81	€ 12.105,83	bos aanplant
13	2024 Q1	€ 57.646,81	€ 12.105,83	bos aanplant
14	2024 Q2	€ 9.301,81	€ 1.953,38	voorbereiding monitoring / voorbereiding nazorg aanplant
15	2024 Q3	€ 9.301,81	€ 1.953,38	monitoring effect maatregelen + nazorg aanplant
16	2024 Q4	€ 9.301,81	€ 1.953,38	monitoring effect maatregelen + nazorg aanplant
Oplevering uiterlijk 31 december 2024				
	subtotaal	**€ 746.167,20**	**€ 156.695,11**	
Totaal incl. BTW		**€ 902.862,31**		

1.7 Verwachte resultaten van het project

Omvorming naar een divers, robuust en veerkrachtig inheems bosecosysteem wordt aangezet op in totaal 200 hectare bos, waardoor duurzaam de weerstand tegen atmosferische depositie vergroot wordt. Door het vergroten van het aandeel aan kwelwater in het gebied wordt de vochtbalans, de nutriëntenbalans en de weerbaarheid van het ecosysteem tegen atmosferisch depositie verbeterd. Door in totaal ongeveer 5000 meter (afhankelijk van uitkomst LESA) aan sloten te verondiepen of te dempen, worden de betreffende terreinen natter wat denitrificatie aldaar in gang zet. Als laatst wordt biodiversiteit versterkt, doordat bestaande bosvakken worden aangeplant met ontbrekende (rijkstrooisel)soorten. Hierdoor zal er een verandering plaats gaan vinden in de samenstelling van de strooisellaag en in de bodem, waardoor deze laag een habitat kan vormen voor een verscheidenheid aan flora en fauna. Door deze ingreep wordt het in de toekomst mogelijk dat restpopulaties van kwijnende bosflora zich weer kunnen gaan uitbreiden van de bosranden naar de bosvakken.

60249 0038

2 Projectactiviteiten

2.1 Projectactiviteiten

Gebiedsanalyse - LESA

Ondanks dat er in het verleden een aantal hydrologische onderzoeken hebben plaatsgevonden, bestaat er nog veel onduidelijkheid over de werking van het hydrologisch systeem. Een verdieping op de reeds aanwezige kennis middels een hydrologisch onderzoek als onderdeel van een Landschappelijke Ecologische Systeem Analyse (LESA), kan hierop antwoord geven. Dit onderzoek geeft meer inzicht in de uit te voeren hydrologische herstelmaatregelen en de mogelijke effecten daarvan.
De afbakening van dit onderzoek betreft het totale bosgebied (ca. 200 ha) en de hydrologische interacties met de omgeving.
Bepalende factoren zijn onder meer de aanvoer van water en de onttrekking van water het gebied uit, het functioneren van de aanwezige ontwateringstelsels, de aanwezigheid van oude bossoorten en verzuringsgevoelige soorten, en de vitaliteit van de aanwezige bosopstanden. Chemische en biotische bodemanalyses moeten helpen bij het in kaart brengen van verstoringen in het functioneren van de oude bosbodems.

De gebiedsanalyse bestaat uit een bureaustudie en aanvullend veldwerk en enkele laboratoriumanalyses van genomen monsters. In de bureaustudie worden verschillende bronnen geraadpleegd, zoals luchtfoto's, NDFF, beheerkaarten, DINO-loket, AHN, bodemkaarten, geo(morfo)logische kaarten en historische kaarten. Op basis van de bureaustudie wordt globaal het systeem beschreven. De werking van het systeem wordt verder in kaart gebracht door middel van een veldbezoek waarin terreinkenmerken opgenomen worden:

- Inventarisatie van het slotenstelsel om te bepalen wat de drainerende watergangen zijn.
- Waterpassing. Om eventuele negatieve effecten op de omgeving in te schatten wordt een waterpassing uitgevoerd. De maatregelen wordt alleen uitgevoerd wanneer dit niet leidt tot negatieve effecten, zoals mobilisatie van fosfaat of ongewenste vernatting van de omgeving.
- Peilbuizen. De fluctuaties van de grondwaterstanden worden gemonitord door enkele peilbuizen te plaatsen. Het effect van de te nemen maatregelen kan hierdoor gemonitord worden.
- Bodemkartering. Hierdoor wordt de huidige grondwaterstand (GHG, GLG) inzichtelijk en kan er een vergelijking gemaakt worden met de uitgevoerde karteringen in 2004. Hierdoor kan het effect van reeds uitgevoerde herstelmaatregelen inzichtelijk gemaakt worden.
- Bodemchemische analyses voor het bepalen van de nutriëntenbalans, de CEC, het organisch stofgehalte en het verloop van de zuurgraad bieden een inzicht in tekorten in beschikbare basen en andere nutriënten en mogelijke oorzaken daarvan.
- Humusbeschrijving waarbij de opbouw van de strooisel-opbouw bekeken wordt. De invloed van de aanplant van rijkstrooiselsoorten kan inzichtelijk gemaakt worden door een humusbeschrijving op te maken.

60249 0038

Aan de hand van de gebiedsanalyse en de veldinventarisatie worden de exacte locaties en uit te voeren herstelmaatregelen met bijbehorende werkzaamheden vastgelegd. Dit wordt uitgewerkt in een uitvoeringsplan, op basis waarvan de verschillende werkzaamheden middels een RAW contract aanbesteedt worden. In deze subsidieaanvraag is reeds financiële ruimte gereserveerd voor de uit te voeren hydrologische herstelmaatregelen. Door middel van veldwaarnemingen is een inschatting gemaakt van de uit te voeren werkzaamheden met de daarbij horende begroting.

Uitvoering dempen/verondiepen sloten, plaatsen van stuwen

Uit het hydrologisch onderzoek zal duidelijk worden onder welke (externe) randvoorwaarden welke herstelmaatregelen genomen dienen te worden op welke locaties.

Het is mogelijk dat de LESA de kansen van interne maatregelen voorwaardelijk verbindt aan het oplossen van knelpunten door externe wateronttrekking. De interne maatregelen die onafhankelijk van de externe knelpunten tot verbetering van het functioneren van het Liesbos zullen leiden vormen een onderdeel van de uitvoering.

Doorgaande hoofd- en zijwatergangen kunnen worden opgeschoond en verondiept. Uit de watergangen wordt organisch materiaal afgevoerd en opgevuld met minerale grond tot de -uit onderzoek bepaalde- bodemhoogte. Indien nodig worden stuwen of dammen aangelegd in doorgaande sloten. De totale lengte van (mogelijk) te dempen sloten bedraagt vermoedelijk ongeveer 5.000 meter. Zoals gezegd is dit een indicatie.

Uit waarnemingen van de beheerders blijkt dat veel aanwezige duikers niet op de juiste hoogte liggen of verstopt geraakt zijn, waardoor zij hun functie niet of onvoldoende vervullen. Ook blijkt de werking van verscheidene stuwen in het terrein niet afdoende te zijn. Hierdoor is het wenselijk de werking van al deze kunstwerken te controleren en indien nodig te vervangen.

De sloten, stuwen en duikers liggen meestal langs paden of wegen die het terrein doorkruisen. Meestal zijn de wegen vrij van begroeiing of is er voldoende ruimte voor machinaal uit te voeren werkzaamheden.

In alle bosvakken zijn rabatten aanwezig. Per bosvak kan gekeken worden waar het mogelijk is deze rabatten te verwijderen. Dit is -volgens waarnemingen- gesuggereerd voor 4 bosvakken met een totale oppervlakte van ca 26,5 ha. (vak 8, 13, 16, 21). De exacte locaties zullen bepaald worden bij de analyse van de LESA.

Aanplant

De afbakening voor de uitvoering van de maatregelen voor aanplant betreft het beheertype natuurbos N14.03. Dit beheertype beslaat ca 66 ha van het totale Liesbos. Vanuit de beheerders is gekozen om de methode van aanplant bosvaksgewijs te benaderen. Hierbij wordt er gestreefd naar de procentuele verdeling zoals hieronder aangegeven staat. Dit is echter afhankelijk van de lokale situatie.

60249 0038

Tabel 5. Suggestie van boom- en struiksoorten met een goed verteerbaar strooisel.

Schaduw rijk strooisel	Half-schaduw rijk strooisel	Licht rijk strooisel	Schaduw droog	Half-schaduw droog	Struiken
-Winterlinde Zomerlinde -Gewone esdoorn*	-Haagbeuk -Zoete kers Zwarte els (grauwe els)	-Fladderiep -Ratelpopulier -boswilg	-Beuk -Tamme kastanje	-Wintereik -Zomereik	-Hazelaar -Veldesdoorn -Hulst -Taxus -Meidoorn -kardinaalsmuts -europese vogelkers

- Gewone esdoorn dient spaarzaam te worden aangeplant en mag niet worden geplant nabij de heideterreinen.
- Soorten worden alleen geplant als de situatie zich ervoor leent en de bodem geschikt genoeg is.

Uitvoering aanplant boom- en struiksoorten/goed verteerbaar strooisel standaard (50%)

Het doel is een geleidelijke omslag van de boomsoortensamenstelling naar een veerkrachtig en robuust systeem waarbij op middellange termijn de huidige bossamenstelling verschuift naar een natuurlijke samenstelling, die optimaal bijdraagt aan herstel van bodem en bosecosysteem na de stikstofcrisis.

Daartoe wordt groepsgewijs onderplant in bestaand bos met inheemse boom- en struikvormers, waarbij de groepen zo verdeeld worden dat deze op termijn nagenoeg de hele oppervlakte innemen met de verwachte kroonprojectie.

Aangeplant worden circa 20 groepen van 25 stuks per hectare (500 bomen en struiken per hectare). Op plekken waar adelaarsvaren domineert, kan worden gekozen voor groepen van 5 stuks veren.

De groepsgewijze aanplant vereenvoudigt de opvolging en verzorging van de geplante boomgroepen en bespaard kosten ten opzicht van de intensieve vlaktegewijze strategie.

Naar verwachting kunnen de ingebrachte soorten in 40 tot 70 jaar het bosecosysteem doen omslaan naar een bos met duurzaam verbeterde bodem- en humusvorming, ten opzichte van de intensieve strategie zal het aandeel van de oorspronkelijk aanwezige boomsoorten groter zijn.

In beide gevallen wordt de aanplant beschermd. Bosplantsoen wordt bij voorkeur beschermd met rasters. Veren worden beschermd met 3 tonkinstokken per veer. Uitzonderingen zijn hulst en taxus.

Uitvoering aanplant goed verteerbaar strooiselsoorten extensief (40%)

Het doel bij deze strategie is een langzame maar volledige systeemomslag in de volgende bosgeneratie (>100 jaar) waarbij het bos zich ontwikkelt naar een robuuster en gezonder ecosysteem met verbeterde bodem- en humusvorming. In deze strategie worden groepen aangeplant van 5 stuks bosplantsoen/veren in bestaand bos, 10 per hectare. Hierbij ligt, in tegenstelling tot de standaard strategie, de nadruk op de droge soorten (bruine kolommen). Hierbij worden rijkstrooiselsoorten voorzichtig ingemengd.

De groepsgewijze aanplant vereenvoudigt de opvolging en verzorging van de geplante boomgroepen en bespaard kosten ten opzicht van de intensieve vlaktegewijze strategie. Bij deze aanplant is het aandeel oorspronkelijk aanwezige soorten nog groter.
In beide gevallen wordt de aanplant beschermd. Bosplantsoen wordt bij voorkeur beschermd met rasters. Veren worden beschermd met 3 tonkinstokken per veer. Uitzonderingen zijn hulst en taxus.

Uitvoering inrichten OAD netwerk (10%)
Het doel is om een bos te creëren waar voldoende oude, aftakelende en dode bomen aanwezig zijn. Het OAD netwerk wordt verspreid over het gehele bosgebied aangelegd, voordat de andere maatregelen plaatsvinden en heeft een grote invloed op de biodiversiteit. Oude, aftakelende en dode bomen bieden habitat aan vele soorten; bijv. voor schimmels, voedsel of als broed- en schuilplaats. Binnen het netwerk wordt voldoende dood hout gerealiseerd en krijgt bos de mogelijkheid om oud te worden. Een OAD-netwerk bestaat uit bosrefugia (grote, ongestoorde delen), habitatboomgroepen (groep bomen met bijzondere structuren), habitatbomen (boom met bijzondere structuur) en dood hout (staand of liggend, in alle stadia van vertering).

Monitoring
Maatregelen zijn succesvol als deze resulteren in de mitigatie van de negatieve effecten van stikstofdepositie. Dit kan enerzijds door een afname van de stikstofrijkdom van de systemen en anderzijds ook door het herstel van de mineralen en buffering van de bodem. De maatregelen moeten resulteren in het stoppen van de achteruitgang van de biodiversiteit en het doen toenemen van de (duurzame) kwaliteit van de terreinen waardoor de biodiversiteit kan gaan toenemen.

Het vaststellen van de effecten van de maatregelen kan alleen door monitoring. Hiervoor zijn beschrijvingen en metingen van de uitgangssituaties als ook beschrijvingen en metingen van de effecten op middellange en lange termijn noodzakelijk. Als te monitoren parameters komen in aanmerking: stikstofgehalte, buffering en kationenbalans van de bodem, grond- en oppervlaktewaterstanden, humusvormen en bodemfauna en biodiversiteit in de vorm van paddenstoelen, nachtvlinders en flora.

Monitoring is niet opgenomen als maatregel in deze subsidie, maar wordt weldegelijk uitgevoerd. Staatsbosbeheer stelt een monitoringsplan op. In het monitoringsplan wordt rekening gehouden met eventuele SNL-monitoring. In de LESA wordt de beginsituatie vastgelegd (monitoring 0-situatie). Vervolgens wordt de monitoring in 2024 herhaald (monitoring herhaling opnamen). Om het succes van de omvorming te meten, zal ten minste tot en met 2030 gemonitord worden. Onderstaande onderdelen worden gemonitord.

Stikstofgehalte, buffering en kationenbalans
Er zullen nulmetingen van de bovenste laag van de bodem uitgevoerd worden. Voor deze nulmetingen worden aan de hand van mengmonsters van de bodem het stikstofgehalte, de hoeveelheid basische kationen en de buffering (CEC) van de bodem bepaald. Deze metingen worden 3 en 6 jaar na uitvoer herhaald om vast te stellen hoeveel stikstof is verwijderd uit het gebied en in welke mate de buffering en kationenbalans van de bodem is hersteld.

60249 0038

Grond- en oppervlaktewaterstanden
Maatregelen gericht op verhogen van de grond- en oppervlaktewaterstanden worden gemonitord door plaatsen van peilbuizen. Er worden op 1 á 2 locaties peilbuizen geplaatst. De peilbuizen worden voorzien van een diver die 4 jaar lang de waterstanden opneemt. Voor aanvang van de maatregelen en in het vierde jaar worden waterkwaliteitsmonsters genomen ter bepaling van de buffering, nitraat-, ammonium- en kationenconcentraties.

Humusvormen en bodemfauna
De maatregel: aanplant van rijk-strooiselsoorten heeft betrekking op het herstel van de bodem (de humusvorm) en hiervoor zal de beginsituatie op geselecteerde locaties worden beschreven. Tevens zal deze maatregel effectief zijn voor het herstel van het bufferende vermogen van de bodem doordat de bomen als een nutriëntenpomp fungeren. Hierdoor is een nulmeting met betrekking op de basenrijkdom en stikstofrijkdom op de geselecteerde locaties ook op zijn plaats.
De humusbeschrijvingen en biochemische metingen zullen na 6 en 12 jaar worden herhaald.

Biodiversiteit
De maatregelen hebben effect op de biodiversiteit. De neerwaartse gang van biodiversiteit zal worden gestopt (door de anti verzuring- en vermestingmaatregelen) en de biodiversiteit zal toenemen als gevolg van het systeemherstel. Biodiversiteit is echter moeilijk meetbaar omdat het een zeer groot aantal soorten en soortgroepen omvat en het enige tijd duurt voordat er meetbare veranderingen optreden. Lange termijn effecten kunnen worden gemonitord aan de hand van SNL karteringen van flora, vegetatie en broedvogels en in heideterreinen daarnaast ook dagvlinders en sprinkhanen en krekels. De effecten worden met deze monitoring pas zichtbaar na (minimaal) 6 jaar. Korte termijn effecten kunnen inzichtelijk gemaakt worden door monitoring van paddenstoelen en nachtvlinders.

- Verschillende paddenstoelen zijn zeer verzuring gevoelig en veel kritische soorten zijn dan ook sterk achteruit gegaan. Maar paddenstoelen kunnen door verspreiding via sporen ook snel reageren op verbeterde omstandigheden. Er wordt een onderzoek locatie geselecteerd waar paddenstoelen worden geïnventariseerd.
- Nachtvlinders zijn betrekkelijk eenvoudig te inventariseren met lichtvallen e.d. In bossen en zijn een goede graadmeter voor de biodiversiteit.

Resultaten monitoring
De resultaten van de monitoring worden openbaar beschikbaar en de gegevens worden met provincie en stimulus gedeeld.

2.2 Start- en einddatum project

De looptijd van het project bedraagt 3 jaar en 7 maanden.
Startdatum 1 november 2021 (binnen twee maanden na beschikking)
Einddatum 31 dec 2024

60249 0038

Voorbereidingskosten
Begin 2021 is door Bosgroep Zuid Nederland gestart met de voorbereiding van deze subsidieaanvraag. Ten behoeve van het indienen van deze subsidieaanvraag zijn door onze medewerkers uren besteed aan intern en extern overleg, het opstellen van het projectplan, begroting en benodigd kaartmateriaal en het indienen van de subsidieaanvraag via Stimulus. Deze uren zijn gemaakt in de periode 1 mei t/m 1 juli 2021. Voor de voorbereiding van deze aanvraag is € 5000,- ter beschikking gesteld.

2.3 Omgevingseffecten

Er zijn geen omgevingseffecten te verwachten voor aanplant van rijkstrooiselsoorten. Bij hydrologische maatregelen kunnen uitstralingseffecten naar de omgeving optreden. Hydrologische maatregelen worden uitsluitend binnen de natuurgebieden genomen en alleen op die plekken waar negatieve uitstralingseffecten naar de omgeving zijn uit te sluiten.

2.4 Risicofactoren, afhankelijkheden en randvoorwaarden

Tabel 6. Risico factoren

Risico	Strategie
Door slechte weersomstandigheden ontstaan van te natte terreinomstandigheden bij uitvoering van maatregelen niet mogelijk is.	*Uitvoering onder ecologische begeleiding, werk stil leggen en later continueren*
Slecht aanslaan van de aanplant als gevolg van ongunstige weersomstandigheden, wildvraat, schaduwdruk of nutriënten tekort in de beginfase	*Planten onder scherm voor beschutting, toepassen wildbeschermingsmiddelen waar wildvraat verwacht kan worden, bij aanplant een mineralengift toedienen (dolocan, thomaskali, kieseriet)*
Onvoldoende beschikbaarheid van plantmateriaal van goede kwalitatief (fysiek en genetisch)	*Aanschaf van plantsoen in contractteelt (Staatsbosbeheer of bij externe leverancier)*
Planvorming, vergunningen niet tijdig gereed om in plantperiode winter 2021/2022 al te kunnen aanplanten	*Projecttermijn verlengen dmw wijzigingsverzoek zodat ook nog in winter 2022/2023 kan worden aangeplant.*

60249 0038

3 Aansluiting bij selectiecriteria

Het project heeft tot doel het ongedaan maken van de fysieke gevolgen van stikstofdepositie uit het verleden en het weerbaar maken van bos- en natuurterreinen voor toekomstige stikstofdeposities. Onderdeel daarvan is het versterken van de biodiversiteit. Het doel wordt bereikt door rijkstrooiselsoorten met verschillende intensiteit aan te planten. Hierdoor ontstaat er een gevarieerd bos en wordt de nutriëntenpomp weer herstart. Daarnaast zorgen de hydrologische herstelmaatregelen dat de door stikstofdepositie uitgespoelde mineralen worden aangevuld door middel van het optreden van kwel. Delen die vernat kunnen worden, zijn vernat en zo wordt denitrificatie gestimuleerd. Dit alles heeft al in 2030 het gewenste effect, maar zal in de jaren daarna pas echt zichtbaar worden.

Binnen de looptijd van het project worden op controleerbare en beheersbare schaal de mogelijke maatregelen in het projectgebied genomen die beschikbaar en effectief zijn. Hierbij wordt voor de hydrologische herstelmaatregelen het gehele projectgebied aangepakt, en voor de aanplant het natuurbos met beheertype N14.03. Er is binnen het projectgebied bepaald waar welke maatregelen gewenst zijn.

Binnen dit project zijn, binnen de geschatte tijdsbestekken, de volgende ontwikkelingen te verwachten:

- Aanplant standaard:
    - Binnen 50 jaar een nieuwe generatie bos laten ontwikkelen verspreid door het gebied, vanwaar deze soorten zich kunnen gaan verspreiden door de rest van het bosgebied om zo een transitie in gang te zetten naar gezondere bossen.
    - Het verbeteren van de bodem met de aanplant van rijkstrooiselsoorten en zo de chemische balans van de bodem te herstellen.
- Aanplant extensief:
    - Inbrengen zaadbronnen die zich over 30 jaar kunnen gaan verspreiden en zo na 80 jaar na aanplant voor een nieuwe generatie loofbos te zorgen.
    - Op de lange termijn het verbeteren van de bodem met de aanplant van rijkstrooiselsoorten en zo de chemische balans van de bodem te herstellen.
    - Op de lange termijn is (her-)kolonisatie mogelijk van restpopulaties bosflora.
- Hydrologisch herstel:
    - Het herstellen van de waterhuishouding (binnen enkele jaren)
    - Het verbeteren van de chemische balans door aanvoer van mineralen, basen en kationen in het grondwater. (binnen enkele jaren)
    - Het weerbaarder maken van bomen tegen ziektes en plagen en daarmee het veerkrachtiger maken van de bossen.

60249 0038

4 Begroting en financiering

Staatsbosbeheer vraagt voor het project 'Revitalisering Liesbos' 100% subsidie aan in het kader van het verlengde derde Plattelandsontwikkelingsprogramma 2014-2022 van Nederland. Het project draagt bij aan het innoveren en verduurzamen van bos- en heideterreinen in Noord-Brabant. Alle kosten met betrekking tot de te nemen maatregelen worden subsidiabel geacht.

Naar verwachting worden binnen het project geen inkomsten gegenereerd. Wanneer er toch sprake zal zijn van inkomsten, worden deze in mindering gebracht op de projectkosten. Dit wordt inzichtelijk gemaakt in de projectadministratie. Ook wordt naar verwachting na afloop van het project geen netto-inkomsten en/of besparingen gegenereerd.

Hiermee achten wij het projectvoorstel staatsteun-proof. Wij gaan er dan ook vanuit dat bij beschikking van de POP3 subsidieaanvraag 'Revitalisering Liesbos' het project door de subsidieverstrekker als staatsteun-proof wordt gezien.

4.1 Begroting

Verwacht u door het project inkomsten te genereren tijdens het project?	Nee
Verwacht u door het project netto-inkomsten en/of besparingen te generen na afloop van het project?	Nee

Voor de begroting waarin per begrotingspost is aangegeven uit welke kostensoorten die bestaat, verwijzen wij u naar bijlage 2B.

4.2 Financiering

Tabel 7. Financiering.

Financiering subsidiabele kosten	Begroting	%	Vast/proportioneel
Eigen Bijdrage	€ 0,00	0%	**proportioneel**
Overige financiering privaat	€ 0,00	0%	**proportioneel**
Overige financiering publiek	€ 0,00	0%	**proportioneel**
Gevraagde subsidie POP3	€ 902.862,31	100%	**proportioneel**
Totale financiering	€ 902.862,31	100%	**proportioneel**

5 Administratieve organisatie/interne beheersing

5.1 Administratieve organisatie, interne beheersing en projectadministratie

5.1.1 Administratieve organisatie

De project- en financiële administratie van Staatsbosbeheer wordt verzorgd door de afdeling Finance & Control. Het Team Administratie en Consolidatie verzorgt de dossiervorming en administratieve beheersing en afhandeling. Zij ondersteunen de projectleider bij de (tussentijdse) verantwoording en bewaken de (financiële) voortgang van het project.

Staatsbosbeheer zorgt voor de project- en financiële administratie waaronder de boekhouding van het project, de voorbereiding van eventuele audits en de controle op het correct gebruik van de projectgelden.

5.1.2 Projectadministratie

Staatsbosbeheer hanteert een overzichtelijke projectadministratie. Voor ieder project wordt een projectnummer aangemaakt waaraan alle belangrijke documenten worden gekoppeld. Per project wordt een urenregistratie, financiële administratie en inhoudelijke documentatie bijgehouden. Hierdoor is op eenvoudige wijze alle informatie met betrekking tot op het project te raadplegen. Het projectnummer komt terug op alle facturen en uurstaten die gekoppeld zijn aan het desbetreffende project. De kosten die daadwerkelijk zijn gemaakt ten behoeve van een project worden vastgelegd in de projectadministratie. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt in:

- Interne kosten (loonkosten / urenregistratie),
- Kosten derden (werken, leveringen en/of diensten),
- Inkomsten.

Staatsbosbeheer is een aanbestedende dienst en werkt conform een landelijk aanbestedingsbeleid.

5.2 Beginselen van goed financieel beheer

Het aanbestedingsreglement is gebaseerd op Europese Richtlijnen en die is vervolgens in de nationale wetgeving omgezet. De volgende richtlijnen, wettelijke kaders en regelingen zijn van toepassing of van belang:

- Europese richtlijn: Aanbestedingsregels voor overheidsopdracht van werken, leveringen en diensten;
- Nationale wetgeving: Aanbestedingswet
- Voor opdrachten van Werken aan werken gerelateerde diensten de aanvullende regeling: het Aanbestedingsreglement Werken.

60249 0038

Er worden vier basisvormen van aanbestedingswijzen onderscheiden:

- Enkelvoudige offertevraag,
- Meervoudige offertevraag,
- Nationaal openbaar aanbesteden,
- Europees openbaar aanbesteden met of zonder voorafgaande selectie.

Omdat het hier een project van boven de € 500.000,- dient er een RAW bestek opgesteld te worden op basis van BPKV. Daarbij wordt het aanbestedingsregelement van Staatsbosbeheer gehanteerd.

Inkoopproces

Staatsbosbeheer is een aanbestedende dienst. De dienst heeft het inkoopbeleid vastgesteld (oktober 2016) als basis voor doelmatig en rechtmatig inkopen. Enkele speerpunten uit het inkoopbeleid zijn: maatschappelijk verantwoord ondernemen, duurzaam inkopen, social return, inkopen tegen de meest optimale prijs/kwaliteit verhouding, total cost of ownership (TCO), producten marktverkenning, een professionele opdrachtgever zijn en administratieve lastenverlichting. Gehanteerde richtsnoeren onder de aanbestedingswet betreffen:

- Gids proportionaliteit
- ARW 2012 (voor werken en aan werken gerelateerde leveringen en diensten)

Bij aanbestedingen worden de volgende drempelbedragen gehanteerd: voor alle opdrachten boven €1.500,- wordt een inkooporder aangemaakt in het financieel systeem op de betreffende projectcode. Als de prestatie geleverd is en akkoord bevonden wordt een prestatieverklaring gemaakt waarna de factuur betaald wordt. De inkooporders en prestatieverklaringen zijn gekoppeld aan de betreffende projecten.

Het vigerende inkoopbeleid Staatsbosbeheer is bij dit projectplan bijgevoegd als bijlage 9.

Tabel 8. Aanbestedingsbeleid Staatsbosbeheer.

Staatsbosbeheer beleid m.b.t. Europese, Nationale en onderhandse drempelbedragen oktober 2016			
Overeenkomst aanwezig:	Indien maar 1 contractpartij: direct afnemen bij contractpartij		
	Indien meerdere contractpartijen: nadere offerte ronde bij alle raamcontractpartners		
Geen overeenkomst aanwezig:			
Drempelbedrag*	**Werk**	**Levering**	**Dienst**
< 25.000	Enkelvoudig onderhands (min. 1 offerte)**	Enkelvoudig onderhands (min. 1 offerte)**	Enkelvoudig onderhands (min. 1 offerte)**
25.000 < 209.000	Meervoudig onderhands (min. 3 offertes)	Meervoudig onderhands (min. 3 offertes)	Meervoudig onderhands (min. 3 offertes)
209.000 < 1.000.000	Meervoudig onderhands (min. 3 offertes)	Europese procedure	Europese procedure
1.000.000 < 5.225.000	Nationaal aanbesteden	Europese procedure	Europese procedure
> 5.225.000	Europese procedure	Europese procedure	Europese procedure

** = totale jaartijkse opdrachtwaarde dient gesaldeerd te worden over 4 jaar bij structurele afname en tevens bij cyclische, jaartijks terugkerende, opdrachten*
*** = enkelvoudig onderhands betekent minimaal vooraf een schriftelijke vastlegging van de behoeftestelling (offerte en/of concept opdracht) waarop de verplichting wordt aangegaan*

60249 0038

Betalingsproces

Facturen worden ingediend bij de crediteurenadministratie en zij registeren deze in het financieel systeem, waarna deze ter goedkeuring wordt voorgelegd aan de projectleider.

Urenregistratie

In het administratieve systeem wordt per project een projectnummer aangemaakt. Medewerkers die gekoppeld zijn aan het project kunnen daarop schrijven. Projectleider controleert en accordeert urenboekingen.

6 Promotie en publiciteit

Door boswachters publiek (verantwoordelijk voor de voorlichting en communicatie in de gebieden) zal op meerdere manieren duidelijk worden gemaakt dat uitvoering van maatregelen mogelijk is gemaakt met steun uit het Europees programma voor plattelandsontwikkeling. In het veld zal dat gebeuren tijdens excursies en/of voorlichtingsavonden die worden georganiseerd en het plaatsen van informatieborden / informatiepanelen. Ook zal dit op (social) media, zoals persberichten, website Staatsbosbeheer, vlogs etc. worden kenbaar gemaakt.

In alle publieke uitingen die in het kader van dit POP-project worden gedaan wordt gemeld dat het project gefinancierd is vanuit het Europees Landbouwfonds voor Plattelandsontwikkeling (ELFPO). Daarbij wordt het logo van de Europese Unie (de Europese vlag) duidelijk in beeld gebracht en wordt de volgende slagzin vermeld:

"Europees Landbouwfonds voor Plattelandsontwikkeling: Europa investeert in zijn platteland"

Alle promotie en publiciteit in het kader van het POP3-project worden uitgevoerd conform de gestelde eisen zoals opgenomen in bijlage 1 van het handboek POP3 Subsidie (bijlage 1 Voorschriften inzake promotie).

60249 0038

Literatuur en websites

Besselink, D., Logemann, D., van de Werfhorst, H., Jansen, A., & Reeze, B. 2017. Handboek ecohydrologische systeemanalyse beekdallandschappen. STOWA.

Bobbink, R. & L.P.M. Lamers, 1999. Effecten van stikstofhoudende luchtverontreiniging op vegetaties - een overzicht. University of Nijmegen. Nijmegen.

Bobbink, R., L. van den Berg, H. Tomassen & M. Weijters, 2013. Effecten van verhoogde stikstofdepositie: is herstelbeheer zinvol? De Levende Natuur 114(4): 138-142.

De Ruiter, J., W. Van Pul, J. Van Jaarsveld, E. Buijsman, M.-e. Natuurplanbureau & E.N. Luchtbeleid, 2006. Zuur-en stikstofdepositie in Nederland in de periode 1981-2002. Milieuen Natuurplanbureau Luchtkwaliteit en Europese Duurzaamheid Rapport 500037005: 2006.

Dorland, E., R. Bobbink, J.H. Messelink & J.T.A. Verhoeven, 2003. Soil ammonium accumulation after sod cutting hampers the restoration of degraded wet heathlands. Journal-Of-Applied-EcologyOct 2003;@40: 804-814.

Härdtle, W., T. Niemeyer, T. Assmann, H. Meyer & G. Von Oheimb, 2007. Can prescribed burning compensate for atmospheric nutrient loads in wet heathlands? Phytocoenologia 37(2): 161-174.

Lucassen, E., L.J.L. van den Berg, R. Aben, A. Smolders, J. Roelofs & R. Bobbink, 2014. Bodemverzuring en achteruitgang zomereik. Landschap 4: 184-193.

Schrama E. J, Everts, F. H, Jalink, M. H., 2001. Gebiedsgerichte bestrijding verdroging Liesbos, systeemanalyse, knelpunten en maatregelen. Kiwa, 30.1793.019.

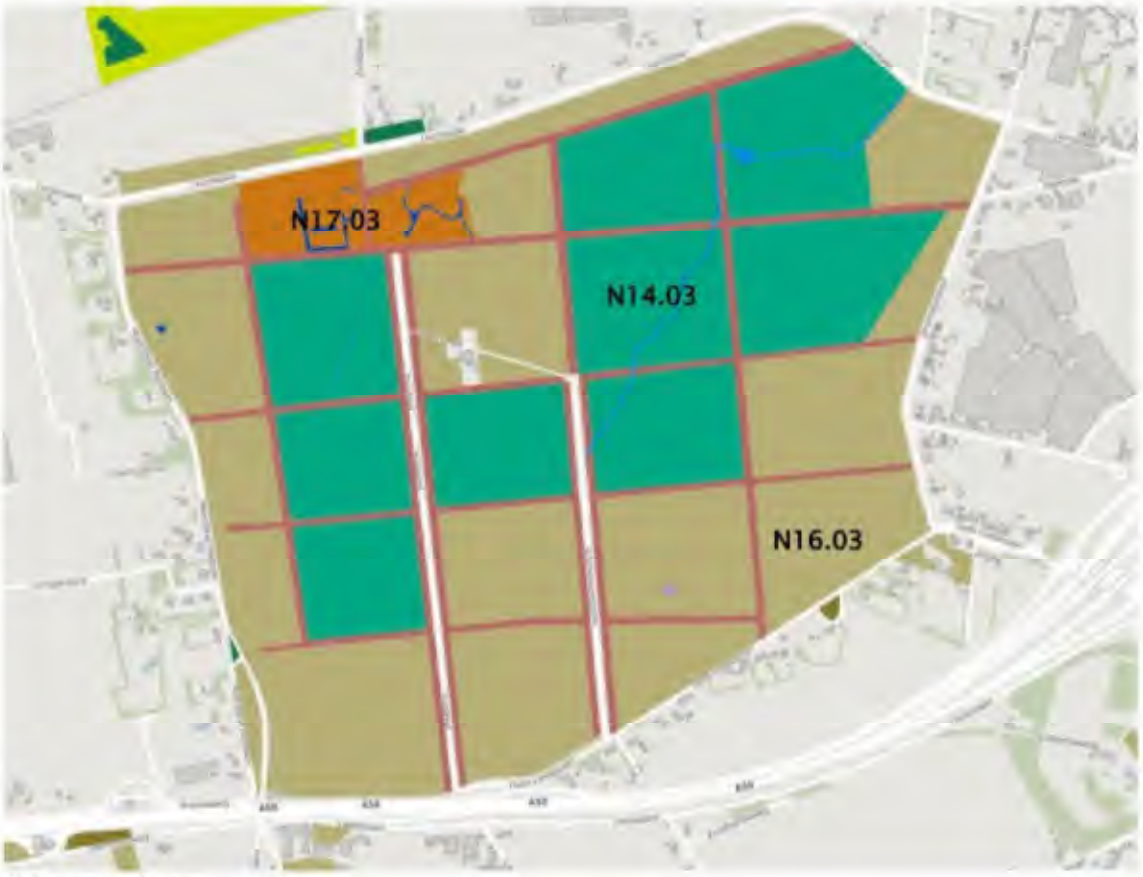
van den Berg, L.J.L., E. Dorland, P. Vergeer, M.A.C. Hart, R. Bobbink & J.G.M. Roelofs, 2005. Decline of acid-sensitive plant species in heathland can be attributed to ammonium toxicity in combination with low pH. New Phytologist 166(2): 551-564.

Voeten, J 2004. "Onderzoek naar vernatting van het liesbos ten bae van de natuurwaarden" Over wortels en water, Boomtechnisch en landmetkundig onderzoek (Fase 1). Arcadis, 514/AM03/2416/MS

Voeten, J 2004. "Onderzoek naar vernatting van het liesbos ten bae van de natuurwaarden" Hydrologisch onderzoek en beschrijving van maatregelen (Fase 2). Arcadis, 110502/ZF4/1T7/200665.

Bijlage 1: Gebiedskaarten

Figuur. Bodemkaart van het projectgebied.



Beheertypekaart
Lichtgroen = N14.03 Haagbeuken- en essenbos
Beige = N16.03 Droog bos met productie
Bruin = N17.03 Park- of stinzenbos

Ambitietypekaart
Lichtgroen = N 14.03 Haagbeuken- en essenbos
Donkergroen = N15.02 Dennen-, eiken- en beukenbos

bosgroepen.nl

Staatsbosbeheer.nl

Memo pH/EGV dal van 't Merkske

Risico's op verzuring en noodzaak voor onderhoud van greppels

Aan: 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e, 5.1.2e
Van: 5.1.2e
Datum: 23-3-2020
Bijlagen: 3 maatregelenkaarten (Halsche Beemden, Hoogstratensebaan en Broskens)

Samenvatting

- In het verleden werden greppels in het dal van 't Merkske onderhouden om (veronderstelde) verzuring van de bovengrond te voorkomen.
- Uit metingen van de pH en EGV na een flinke regenperiode blijkt dat dit risico op verzuring niet optreedt in het dal van 't Merkske. De percelen in het dal van 't Merkske kennen voldoende maaiveldverloop, waardoor regenwater niet stagneert.
- Wel zorgen de greppels ervoor dat licht gebufferd grondwater versneld wordt afgevoerd. Geadviseerd wordt een groot aantal greppels in de het dal van 't Merkske te dempen of in ieder geval niet meer te onderhouden.
- In de vlakkere delen van de Broskens is het wel aanbevolen om enkele greppels te behouden.

Aanleiding

In het verleden werden de greppels in het dal van 't Merkske met enige regelmaat onderhouden. De vrees was dat zonder deze greppels er regenwater op het maaiveld zou kunnen stagneren, waarna er verzuring van de bovengrond zou optreden. Om dit risico in de praktijk te onderzoeken zijn op 20-3-2020 van een groot aantal greppels de pH en EGV onderzocht. Daarnaast is ook van enkele sloten, poelen, (regenwater)plassen en 't Merkske zelf de pH en EGV bepaald. Er is alleen oppervlaktewater bemonsterd. De gebruikte pH/EGV-meter (Hanna HI98129-tester) is niet geschikt om de zuurgraad van bodems te meten.

In de voorafgaande periode, van half februari tot half maart 2020, was het uitzonderlijk nat als gevolg van langdurige neerslag. De laatste vergelijkbare natte situatie was in november 2010, waardoor deze neerslaghoeveelheid minder dan 1 keer per jaar optreedt. Doordat er zoveel neerslag is gevallen, is de kans op stagnatie van regenwater en verzuring van de bovengrond in maart 2020 groot.

De pH is een maat voor de zuurgraad. Onder natuurlijke omstandigheden varieert de pH in Nederland globaal van 4 (zuur: hoogvenen) tot 8,5 (basisch: Limburgse Heuvelland). Voor 't Merkske wordt de volgende globale indeling aangehouden:
pH <5: zuur
pH 5-6: licht zuur
pH 6-7: licht basisch
pH >7: neutraal

De EGV (elektrisch geleidingsvermogen) is een maat voor de hoeveelheid opgeloste stoffen (ionen) in het water. Bij een EGV <50 µS/cm zijn er weinig opgeloste stoffen aanwezig, wat duidt op een regenwater herkomst. Een EGV van 400 µS/cm past bij een (landbouwkundig) matig belast beekje als 't Merkske. Bij een EGV >400 µS/cm met herkomst uit landbouwgebied is er veelal sprake van overmatige mestuitspoeling.

Resultaten

Halsche Beemden

Van een groot aantal greppels is de pH en EGV bepaald. In de meeste greppels is een pH gemeten tussen 6-7. In deze greppels was afstroming van sterk ijzerhoudend water zichtbaar. In enkele lange greppels aan de oostzijde van de Halsche Beemden is zowel bovenstrooms (in het zuiden) als benedenstrooms (in het noorden) de pH gemeten. Hierin is een gradiënt te zien van licht zuur water (pH 5-6) op de hogere terreindelen en licht basisch water (pH 6-7) in het beekdal. Dit is te verklaren doordat op de hogere terreindelen de invloed van (licht zuur) regenwater groter is en in het beekdal er meer licht gebufferd grondwater uittreedt. Er is geen noemenswaardige verzuring in het beekdal waargenomen.

Het beekdal van 't Merkske is in de Halsche Beemden vrij steil. Aan de oostzijde is het dalverhang ca. 1,5 meter hoogteverschil op 150 meter dalbreedte (zuidelijke dalhelft). Aan de westzijde is het dalverhang nog groter: ca. 1 meter hoogteverschil op 50 meter dalbreedte. Doordat het dalverhang zo groot is, is de kans op stagnerend regenwater erg klein: zodra er water op maaiveld komt te staan, stroomt dit over maaiveld af in de richting van 't Merkske. In de Halsche Beemden kunnen daarom alle greppels in het beekdal gedempt of verondiept worden. Dit zijn ca. 18 stuks met een totale lengte van ca. 1200 meter. Bij het dempen of verondiepen kan de lokale bovengrond langs de greppel gebruikt worden. Op die manier ontstaan plaatselijk pioniersomstandigheden, wat extra variatie in de standplaats betekend. Het is niet de bedoeling om de ruggen tussen de greppels geheel te egaliseren.

Voor het verondiepen van de categorie A waterloop in het dal van 't Merkske moet eerst toestemming (een vergunning) verkregen worden bij Waterschap Brabantse Delta. Dit zal in principe geen probleem vormen, omdat belangen van derden niet geschaad worden. Overstroming vanuit de cat. A waterloop over het omliggend maaiveld moet evenwel voorkomen worden i.v.m. de waterkwaliteit (er is nog enige landbouw aanwezig in de bovenloop van deze watergang). Een bodemhoogte van 20 cm onder maaiveld lijkt voldoende voor de cat. A waterloop.

Hoogstratensebaan
Rond de Hoogstratensebaan zijn minder greppels aanwezig en is selectief de pH en EGV gemeten. Aan de noordzijde van de Hoogstratensebaan en 't Merkske is het beekdal vrij vlak. Hier is een gradiënt in de pH van 5,4 tot 6,1 gemeten. De greppels in dit vlakke beekdal hoeven niet onderhouden te worden, met uitzondering van de centrale afwatering vanuit de laagte naar de bermsloot van de Hoogstratensebaan.

Aan de zuidzijde van de Hoogstratensebaan hoeven greppels ook niet onderhouden te worden. Aan de zuidzijde van 't Merkske is een EGV van 320 µS/cm gemeten in plassen op het maaiveld. Dit maaiveld is een week voordien nog overstroomt door 't Merkske (EGV ca. 400 µS/cm). De relatief hoge EGV op het maaiveld wordt geweten aan deze overstroming.

De cat. A zijloop (pH 6,3 / EGV 200), die uitmondt in 't Merkske, kan verondiept worden nadat goedkeuring (een vergunning) van Waterschap Brabantse Delta is verkregen. Dit zal in principe geen probleem vormen, omdat belangen van derden niet geschaad worden. De volgende greppel/sloot (pH 6,5 / EGV 300) kan zonder vergunning verondiept of gedempt worden. Daarbij is het van belang vooral de overloop uit het moerasbos volledig te dempen. Dit moerasbos overstroomt bij hoge waterstanden met landbouwwater, wat ook blijkt uit de relatief hoge EGV die in deze sloot gemeten is. De sloot op de landsgrens wordt bij voorkeur ook verondiept, maar aangezien de boeren en de watering aan Belgische zijde zeer kritisch naar deze sloot kijken, lijkt verondieping hier voorlopig nog niet aan de orde.

Broskens
In de Broskens is een beperkt aantal pH en EGV metingen uitgevoerd. In dit gebied zijn de hoogste pH-waarden gevonden. Uit de rapportage "Een analyse van het hydrologisch meetnet in 't Merkske" (J.P.A.M. Backx en J.J.E.M. van Wesel, 2013) blijkt in dit deel van het stroomgebied van 't Merkske het oudste grondwater aan de oppervlakte te komen, wat deze hoge pH-waarden kan verklaren.

De terreinen in de Broskens liggen langs een zijwaterloop van het Marksken, de bovenloop van 't Merksken. De laagte waarin deze terreinen liggen varieert in hoogteverloop van vrij steil (1 meter hoogteverschil op 100 meter lengte) tot zeer vlak. Om stagnatie van regenwater en verzuring in de vlakste delen van de Broskens te voorkomen, worden daar de greppels gehandhaafd. In de delen met een groter maaiveldverloop kunnen greppels gedempt of verondiept worden, mits het onderhoud van de graslanden (net als nu) met een wetlandtrack uitgevoerd wordt.

Vroeger kon er verzuring optreden als gevolg van stagnerend regenwater. Sinds de afname van zwaveluitstoot is het regenwater minder zuur geworden. Momenteel wordt het risico op verzuring vooral veroorzaakt door veenmosgroei. Als er permanent hoge grondwaterstanden optreden in nat schraalland, dan kan veenmosgroei tot verzuring van de bodem leiden. Daarom is het verstandig om de grondwaterstand in nat schraalland 's zomers toch tijdelijk uit te laten zakken, om zo de veenmosgroei te remmen. De wat zuurdere typen Blauwgraslanden zijn bovendien gebaat bij enige verdroging in de zomer: het fosfaat wordt dan goed gebonden. Tenslotte is het makkelijker maaien onder wat drogere omstandigheden.

In de cat. A waterlopen in de Broskens zijn hoge EGV-waarden aangetroffen. Dit wordt geweten aan uitspoeling van mest uit de landbouw. De centrale cat. A waterloop met de hoge EGV-waarde van 530 µS/cm is ca. 2 jaar geleden sterk verontreinigd geraakt door een gescheurde mestsilo. Mogelijk dat deze verontreiniging de zeer hoge EGV-waarden kan verklaren.

Tijdens de afgelopen landinrichting (uitvoering omstreeks 2010) bleek het niet mogelijk om de centrale en westelijke cat. A waterloop te verondiepen in verband mogelijke vernattingseffecten op de bovenstrooms gelegen landbouw. De oostelijk cat. A waterloop kent een groter maaiveldverloop tot de bovenstrooms gelegen landbouwpercelen. Hier zou plaatselijke verondieping van de waterloop nader onderzocht kunnen worden. Gezien de hoge EGV moet overstroming vanuit de cat. A waterlopen echter wel voorkomen worden.

Vervolg monitoring
Na verondieping of demping van waterlopen kan onder natte omstandigheden (maart) en op verzoek van de boswachter nogmaals de pH en EGV gemeten worden. Op deze manier kan gecontroleerd worden of er na uitvoering van de maatregelen inderdaad geen verzuring gaat optreden.

Vergelijking met Iteratio analyse
In 2012 is een vegetatiekartering uitgevoerd in 't Merkske. Met behulp van Iteratio is onder andere de pH-waarde op basis van de gekarteerde vegetatie berekend/ingeschat. Bij vergelijking van beide pH-waarden valt op dat de gemeten pH-waarde enkele tienden tot 1 pH-punt hoger ligt dan de pH waarde volgens Iteratio. Er zijn verschillende verklaringen denkbaar voor dit verschil, waarbij de verklaringen zijn geordend van waarschijnlijk naar minder waarschijnlijk:

- De greppels ontvangen iets meer gebufferd kwelwater dan de weilanden tussen de greppels, terwijl Iteratio de pH berekent over grotere oppervlaktes die vooral tussen de greppels in liggen. Het dempen van de greppels zal er dan voor zorgen dat de pH-waarde in de omgeving van de greppel omhoog gaat.
- De pH waarde fluctueert door het jaar heen lag op het moment van de veldmeting (maart) hoger dan elders in het jaar. Een herhaling van de pH-metingen in de zomer zou hier inzicht in kunnen verschaffen (mits er dan nog water in de greppels aanwezig is).
- Er is een trend gaande waarbij de pH is toegenomen tussen 2012 (vegetatiekartering) en 2020 (pH-meting). Dat zou een positieve trend zijn.
- De Iteratio berekening onderschat de werkelijke pH.

Omdat het gevonden verschil tussen gemeten en Iteratio-pH beperkt en consistent is, is er geen aanleiding om het beheeradvies over de greppels aan te passen op basis van de Iteratio resulaten.

5.1.2.e Woo

Maatregelen aan greppels in de Halsche Beemden (Merkske)
pH / EGV (microS/cm) metingen (20-03-2020), Hanna HI98129 tester
Verondiepen cat. A waterloop na goedkeuring Waterschap Brabantse Delta
Legenda
pH / EGV meting
Maatregel
Iteratio analyse 2012
pH op basis van vegetatie

5.1.2.e Woo

Maatregelen aan greppels nabij de Hoogstratensebaan (Merkske)

pH / EGV (microS/cm) metingen (20-03-2020), Hanna HI98129 tester

5.1.2.e Woo

Maatregelen aan greppels in de Broskens (Merkske)
pH / EGV (microS/cm) metingen (20-03-2020), Hanna HI98129 tester
Legenda
pH / EGV meting
Maatregel
Iteratio analyse 2012
pH op basis van vegetatie

BemestingsWijzer
Grasland
182 2 achter

Uw klantnummer: 8957924

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice@eurofins-agro.com
I www.eurofins-agro.com

Provincie Overijssel
Eenhheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Kopie

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
	768664/005094824	29-06-2020	08-07-2020

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag / vrij laag / goed / vrij hoog / hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	3200	1400 - 2040	
	C/N-ratio		12	13 - 17	
	N-leverend vermogen	kg N/ha	165	95 - 145	
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	11	20 - 30	
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	600	250 - 355	
	C/S-ratio		63	50 - 75	
	S-leverend vermogen	kg S/ha	15	20 - 30	
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	1,9	2,8 - 4,0	
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	220	150 - 215	
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	85	95 - 135	
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	140	90 - 140	
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	80	90 - 210	
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	885	725 - 1090	
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	230	110 - 170	
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	175	50 - 150	
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	20	65 - 110	
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	25	30 - 45	
Fysisch	Zuurgraad (pH)		5,2	5,0 - 5,7	
	C-organisch	%	3,0		
	Organische stof	%	5,5		
	C/OS-ratio		0,55	0,45 - 0,55	
	Koolzure kalk	%	< 0,2	2,0 - 3,0	
	Klei (<2 µm)	%	1		
	Silt (2-50 µm)	%	10		
	Zand (>50 µm)	%	84		
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	53	> 64	
	CEC-bezetting	%	95	> 95	
	Ca-bezetting	%	66	75 - 85	
	Mg-bezetting	%	22	6,0 - 10	
	K-bezetting	%	5,3	2,0 - 5,0	
	Na-bezetting	%	1,7	1,0 - 1,5	
	H-bezetting	%	0,2	< 1,0	
	Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0	

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag / vrij laag / goed / zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0	
Verslemping	rapportcijfer	8,1	6,0 - 8,0	

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch	Vochthoudend vermogen	mm	22						
	Microbiële biomassa	mg C/kg	574	275 - 825					
	Microbiële activiteit	mg N/kg	93	125 - 175					
	Schimmel/bacterie-ratio		0,6	0,7 - 1,0					

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

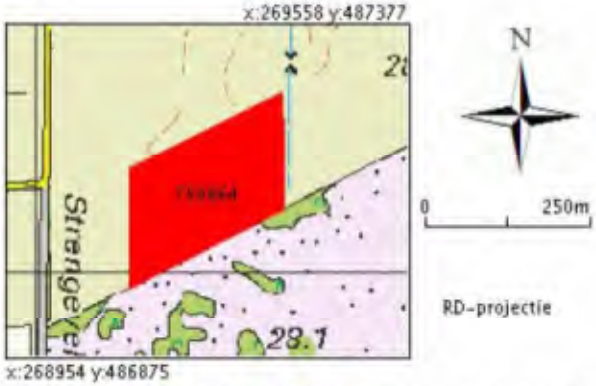
Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 40	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-PAE)	= 1,5	mg P/kg
Pw-getal	= 33	mg P_2O_5/l

Oostelijk Veehouderijgebied



Hoekpunten perceel: 269374 487096, 269371 487276, 269138 487160, 269138 486975, 269374 487096

182 2 achter

Advies	Stikstof (N)			2020 t/m 2023						
	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	327	zeer licht weiden	< 1000	48	13	11	11	12	11	11
		licht weiden	1000 - 1500	68	19	30	30	28	25	22
		normaal weiden	1500 - 2000	84	45	47	47	41	35	30
		licht maaien	2000 - 2500	98	68	62	62	50	42	
		normaal maaien	2500 - 3000	107	89	74	74	57		
		zwaar maaien	> 3000	113	106	83	83			
		standweiden		69	-	50	38	40	31	5.1.2e

		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	2020 1e snede	2020 volgende snedes	2021 t/m 2023 1e snede	2021 t/m 2023 volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	0 (2e snede)	35	0 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		15	0	25	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		15	0	25	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	15	20 (3e maaien)	25	20
		normaal maaien	> 2500	15	25 (3e maaien)	25	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		60	15 (eenmalig)	60	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		60	85 (eenmalig)	60	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	95	50	100	70
		normaal maaien	> 2500	135	80	140	100

		2020	2021	2022	2023
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	110	110	110	110

		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	2020 1e snede	2020 volgende snedes	2021 t/m 2023 1e snede	2021 t/m 2023 volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)			0	0 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)			20	20 (eenmalig)	20	20 (eenmalig)

		2020	2021	2022	2023
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	255	-	-	-
		Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 130			

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	0
	Calcium (CaO)	eenmalig	260
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
De P-buffering is 27 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 18

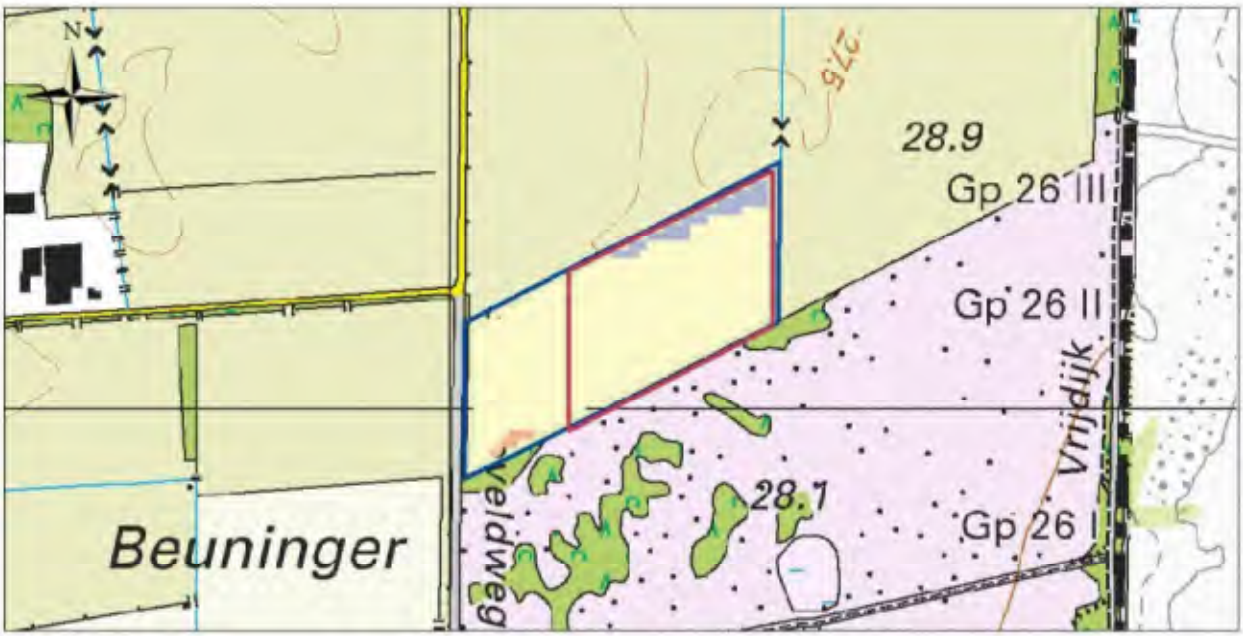
Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

182 2 achter

Bontheid



Legenda

Bodemscout

Gewasproductie

- Boven gemiddeld
- Gemiddeld
- Onder gemiddeld

Percelen

- Bemonsterd perceel
- Gewasperceel
- Perceelsvlak
- Bodemscoutvlak

Schaal: 1:5,000

Datum: 02-07-2020 Tijd: 06:25:32

BodemScout toont - gebaseerd op 9 jaar satellietbeelden - de structurele verschillen binnen een gewasperceel; waar deed het gewas het gemiddeld beter en waar slechter? Geeft de BodemScout aan dat uw perceel heel heterogeen is, dan kunt u eerst onderzoeken waardoor de verschillen veroorzaakt worden (zoals structuur, vochtbinding, (schadelijk) bodemleven, tekort aan nutriënten, pH-toestand) en vervolgens uw management aanpassen aan deze informatie.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Organische stof

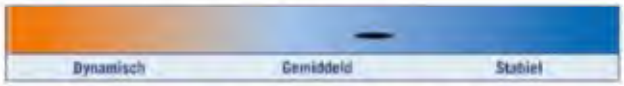
Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 2,7

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Netto toename van effectieve organische stof.

Gewas(rest)	Aanvoer effectieve organische stof
Grasland 2e jaar na scheuren	1510
Grasland 3e jaar	2335
Grasland 4e jaar	2335
Grasland 5e jaar	2335
Gemiddelde aanvoer/jaar	2335

Figuur: Kwaliteit van de organische stof

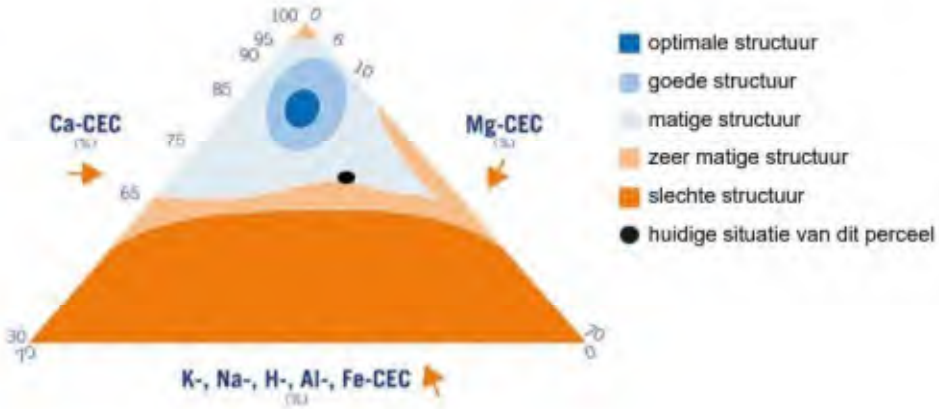


Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek



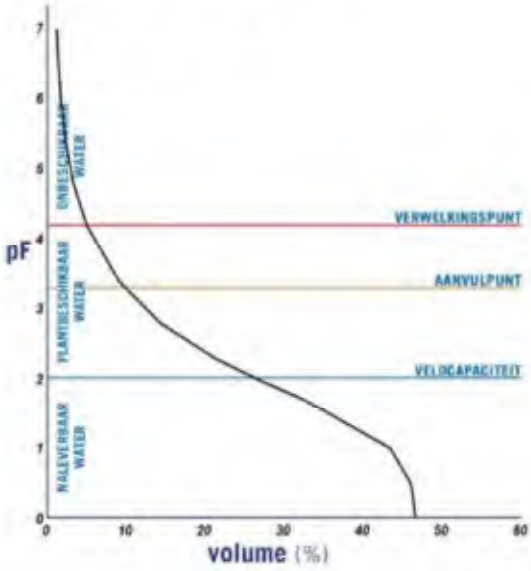
182 2 achter

Fysisch **Figuur: Textuurdriehoek**

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 22 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 9,9 % vocht zit en geef dan 17 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, 5.1.2e
Contactpersoon monstername:	5.1.2e 5.1.2e
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Groot perceel, 3-5 ha

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Methode		Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse resultaten	N-totale bodemvoorraad	2540	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	S-plantbeschikbaar	9,0	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
	S-totale bodemvoorraad	475	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	P-plantbeschikbaar	1,5	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	P-bodemvoorraad	40	mg P_2O_5/100 g	Em: NIRS (TSC®)	
	K-plantbeschikbaar	67	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	K-bodemvoorraad	2,8	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-plantbeschikbaar	0,8	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-bodemvoorraad	44	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Mg-plantbeschikbaar	181	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Mg-bodemvoorraad	11,5	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Na-plantbeschikbaar	14	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Na-bodemvoorraad	0,9	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Zuurgraad (pH)	5,2		Em: NIRS (TSC®)	
	C-organisch	3,0	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	Organische stof	5,5	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	C-anorganisch	0,06	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Koolzure kalk	< 0,2	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei (<2 µm)	1	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Silt (2-50 µm)	10	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Zand (>50 µm)	84	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei-humus (CEC)	53	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële biomassa	574	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële activiteit	93	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Schimmel biomassa	167	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Bacteriële biomassa	262	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 01-07-2020

Herstelmaatregelen tegen de verzuring van droge heide.

Een onderzoek naar de geschikte herstelmaatregelen voor heidecorridor de Gully

Herstelmaatregelen tegen verzuring van droge heide.

Een onderzoek naar de geschikte herstelmaatregelen voor heidecorridor de Gully

In opdracht van

- Staatsbosbeheer, Provincie Utrecht, Austerlitz

Onder begeleiding van

- 5.1.2e, 5.1.2.e Wee Staatsbosbeheer
- 5.1.2e, Docent, Van Hall Larenstein

Auteur

- 5.1.2e, Student - Van Hall Larenstein , Stagiair - Staatsbosbeheer

Inhoud

Samenvatting 6

1 Inleiding 7

1.1 Opdrachtgeven en locatie 7

1.2 Voorkomen 7

1.3 Aanleiding 8

1.4 Doel 8

2 Hoofd- en deelvragen, programma van eisen 9

2.1 Hoofd- en deelvragen 9

2.2 Randvoorwaarden 9

3 Methode 10

3.1 Het identificeren van de huidige staat 10

3.2 De vaststellen van de gewenste situatie 11

3.3 Analyse 11

3.4 Beheermaatregelen 12

3.5 Roadmap 13

3. Huidige situatie 13

3.1 Bodem 13

3.2 Flora 14

3.3 NDFF 16

3.4 Huidig beheer 16

4. Doelsituatie 17

4.1 Doeltype natuur; Droge heide 17

4.2 Flora en fauna 17

4.3 Bodemkarakteristieken 17

5. Analyse en knelpunten 18

5.1 Flora 18

5.2 Fauna 21

5.3 Bodem 26

5.4 Conclusie 27

6. Herstelmaatregelen 28

6.1 Herstelmaatregelen 28

6.2 Locatie 33

6.4 Kostenschets 34

6.5 Aanbeveling 34

Bibliografie 36

Bijlagen 38

Samenvatting

Dit onderzoek bevat de bevindingen rondom de problematiek van de heide genaamd Gully liggend bij Austerlitz en de herstelmaatregelen die hiervoor genomen zijn. De heide in Nederland is onder extreme druk van verzuring, vermesting en verdroging. Dit lijdt tot een afname in biodiversiteit bij zowel flora als fauna. De pH waarden in de Gully tonen aan dat hier ook extreme verzuring gaande in. De pH ligt op een gemiddelde van 2,90. Dit is terug te zien in de afname van soorten. De oude heide in de Gully bevat op dit moment maar 8 plantensoorten. Typische soorten van Schaminee komen hier niet meer voor en daarmee is de heide zwaar onderontwikkeld. Ook structuren zoals jeneverbesstruwelen komen niet meer voor.

Na onderzoek zijn de volgende herstelmaatregelen opgesteld. allereerst wordt het volledige gebied bekalkt om de bodem te verbeteren en de pH en nutriëntenbalans te herstellen. Na het bekalken kunnen de structuren en biodiversiteit aangepakt worden. De structuren worden gestimu leerd door bosranden in te weven met de heide, jeneverbes- en brem-struwelen aan te leggen en plaatselijke boomopslag op te laten komen

Voor het verbeteren van biodiversiteit worden heideakkers aangelegd. Deze worden ingezaaid met wintergraan en kruidmixen in de randen. Naast deze akker worden ook stroken aangelegd door het hele gebied waar ook kruidmixen worden ingezaaid. Hiermee word de een tonige vegetatie van de heide doorbroken met opkomende kruidachtige. Deze planten zorgen voor een divers nectaraan bod, beschutting en beschikbaarheid tot waardplanten.

Na het toepassen van de maatregelen wordt het gebied nader gemonitord voor de resultaten van de maatregelen.

1 Inleiding

1.1 Opdrachtgeven en locatie

Dit rapport is opgesteld in opdracht van Staatsbosbeheer, Boswachterij Austerlitz. Binnen deze beheereenheid ligt de heidecorridor genaamd "de Gully" vlakbij Austerlitz. (Zie figuur 1 en bijlage 1) Deze corridor verbindt het grote heidegebied van defensie in het oosten met het heideterrein van Utrechts landschap in het westen. Deze corridor bestaat volledig uit droge hei en loopt als een scheiding dwars door het gebied van Staatbosbeheer. Bij het terrein van defensie loopt de corridor verder tot het bij een groot oppervlakte open hei komt. Deze verbinding is alleen gescheiden door een geasfalteerde weg. In het westen ligt tussen de twee gebieden een strook van 70 meter breedte. In deze strook bevind zich een beukenlaan.

Locatie van heidecorridor De Gully

Figuur 1 (Locatie van De Gully, In het Westen Utrechts landschap en in het Oosten het terrein van Defensie)

1.2 Voorkomen

Droge heide is de meest voorkomende natuurtype hei dat inlands wordt gezien. Deze hei vestigt zich voornamelijk op droge delen van hoger gelegen zandgronden en soms ook op rivierduinen. Op de lager en/of nattere gelegen plekken komen voornamelijk de type vochtige hei en heischrale graslanden voor. Heide heeft jarenlang in het standaard beheer gezeten. Het werd gebruikt als landbouw en veehouderij. Heide is ook een natuurstadia die zonder beheer en ingrijpen overgaat in bos. Hierdoor is heide alleen door de mens in stand te houden. (DEFORCE)

De totale oppervlakte van heide in Nederland is sinds 1833 sterk gedaald. van het originele oppervlakte heide is nog 5% over. Het begon rond 1900 met de afname van de wolbehoefte, waardoor de schapenhouderij ook afnam. Deze verdween vrijwel volledig na het introduceren van kunstmest. Hierdoor verviel ook de noodzaak om schapen te houden voor mest.

Vervolgens begonnen de grootschalige heideontginningen voor landbouw en bosbouw. In een tijd van 33 jaar (1907-1940) is er 350.000 hectare hei omgevormd of verdwenen door gebrek aan beheer. Sinds 1990 is het totale heide areaal weer gestegen met 7000 hectare, van 36.000 Ha (1990) naar 46.000 Ha (2008) (Rijksoverheid, 2012)

1.3 Aanleiding

Door de introductie van kunstmest deden zich nieuwe problemen voor met de heide, namelijk verzuring. De natuur in Nederland kamt al jaren met de verzuringsproblematiek. Zoals eerder aangegeven heeft de Gully hier ook mee te maken. De verzuring begint bij het overschot aan stikstofdepositie vanuit de lucht. Deze daalt neer en reageert met de bodem. Hierbij levert de bodem ionen aan om de verzuring te neutraliseren. De bodem heeft hiervoor vaak meerdere buffersystemen die dit kunnen doen. Deze zijn buffers niet oneindig. Om het zuur te neutraliseren verliest de bodem hierbij zijn basische verbindingen en spoelen deze uit naar de ondergrond. Dit lijd tot uiteindelijke nog steeds tot verzuring omdat er een constante depositie plaatsvind. Bodems verzuren van natu re ook om meerdere redenen. De natuurlijke verzuring zal niet behandelt worden in dit rapport omdat de onnatuurlijke verzuring de grootste oorzaak is van de totale verzuring.

Doordat de bodem basische stoffen verliest in het proces van verzuring neemt de kwaliteit af. Dit zorgt vervolgens ervoor dat de bodem essentiële stoffen mist voor een gezonde plantengroei. Dit leidt op zijn buurt weer tot een afname van de vitaliteit van plantensoorten. In het ergste geval verdwijnen cruciale soorten omdat het bodemklimaat het niet toelaat deze plant te huisvesten. Na het afnemen van de flora, zal ook de fauna afnemen. Dieren stellen specifieke eisen aan hun leefomgeving. Als deze niet meer aanwezig zijn verdwijnen deze dieren ook.

Staatbosbeheer heeft meerdere aanleidingen voor het starten van het onderzoek naar de Gully. Allereerst is er een grote daling gezien in het aandeel kenmerkende soorten van het natuurtype; droge hei (Zie bijlage 2). Deze soorten komen alleen nog voor in kleine aantallen of ze zijn zelf verdwenen uit het gebied.

De reden tot het verdwijnen van soorten is de verzuring. De verzuring maakt het voor verschillende planten moeilijk of zelf onmogelijk om te overleven in de Gully. Bij de planten die overleven in de Gully is de nutriënten balans verstoord waardoor de vitaliteit van deze planten achteruit gaat. Bij waardplanten zoals de struikhei is de achteruitgang in kwaliteit direct terug te zien in de populatie van Nachtpauwoog. Doordat struikhei niet genoeg nutriënten meer kan leveren aan de nachtpauwoog heeft dit gevolgen voor de volledige levenscyclus. Hierbij vermindert het de totale leg en de hoeveelheid eitjes, rupsen en vlinders die uiteindelijk overleven. Als deze balans zo verstoord is dat er minder vlinders volwassen worden dan dat er sterven zal deze vlinder uitsterven binnen het gebied of migreren naar betere omstandigheden, mits aanwezig.

1.4 Doel

Het doel van dit onderzoek is het opstellen van verschillende herstelmaatregelen. Hierbij worden meerdere maatregelen getest om te kijken welke het meest effectief is voor de Gully. Vooraf worden de locaties bepaald en welke maatregelen in het desbetreffende plot worden getest.

2 Hoofd- en deelvragen, programma van eisen

Hieronder worden de hoofd- en deelvragen behandeld die zijn opgesteld voor dit onderzoek. Hierbij zullen alle aspecten van de probleemanalyse worden meegenomen. De problemen van de Heivlinder worden meegenomen in "De problemen van de Gully".

2.1 Hoofd- en deelvragen

De hoofdvraag luid als volgt:

Welke beheermaatregelen moeten er genomen worden om de verzuring van het heideterrein de Gully tegen te gaan?

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden zijn er deelvragen opgesteld. Deze vragen zijn onderverdeeld in meerdere onderwerpen. Elk onderwerp bevat één stap richting het beantwoorden van de hoofdvraag

De huidige staat van de Gully:

- Wat is de huidige bodemsamenstelling?
- Wat is de huidige florasamenstelling?
- Wat is de huidige faunasamenstelling? - Wat is het huidige beheerbeleid?

De gewenste situatie van de Gully

- wat is de gewenste kwaliteit van de Gully
- welke soorten zijn indicatief voor de vitaliteit van de Gully

De problemen van de Gully

- Welke resultaten de huidige staat wijken af van de gewenste situatie?
- Welke problemen spelen er in de Gully?

Herstelmaatregelen

- Welke herstelmaatregelen zijn nodig om de gewenste situatie te creëren?
- Welke knelpunten komen hierbij kijken?
- Wat zijn de kosten van de herstelmaatregelen

2.2 Randvoorwaarden

Vanuit Staatsbosbeheer zijn een aantal randvoorwaarden opgesteld. Deze gelden specifiek voor het gebied de Gully. Bij het onderzoek wordt ten alle tijden rekening gehouden met deze voorwaarden.

- De herstelmaatregelen moeten uitvoerbaar zijn en specifiek geschreven worden voor het heide terrein "de Gully"
- Het terrein mag **niet** zodanig worden aangepast dat deze buiten het SNL-type droge heide valt
- Er moet worden gewerkt binnen het werkgebied van Staatsbosbeheer, Voor beheermaatregelen buiten het werkgebied moet er eerst toestemming zijn van de organisatie die het desbetreffende terrein beheert.
- De Herstelmaatregelen moeten binnen het beschikbare budget worden uitgevoerd

3 Methode

Dit hoofdstuk beschrijft de methode die wordt gebruikt om het gewenste eindresultaat te kunnen behalen. Hierbij wordt vanaf de beginsituatie, stap voor stap, het hele proces duidelijk beschreven. De methode is onderverdeeld in vier delen. De delen komen overeen met de verdeling van de deelvragen. Hierbij wordt per stap één deel van de deelvragen beantwoordt.

3.1 Het identificeren van de huidige staat

Voordat er uitspraak kan worden gedaan naar kwaliteit en gebre ken van de huidige situatie moet deze geïnventariseerd worden. Dit zorgt voor een goede basis waarbij gebreken en knelpunten naar voren komen. Voor het identificeren van de huidige staat worden de volgende stappen ondernomen

1: Identificatie van de flora:

Voor het identificeren van de huidige staat van de flora worden in het veld vegetatie opnames gemaakt door het hele gebied. De lengte van de Gully is ongeveer 2 kilometer lang. De breedte van de strook is vrijwel overal tussen de 50 en 125 meter. In het midden van de corridor ligt een grotere open oppervlakte hei. Rekening houden met de lengte en breedte van de corridor, en het grotere oppervlakte hei in het midden van de corridor, worden om de 250 meter, 2 vegetatie opnames gemaakt. Deze worden in het veld met behulp van de Arcgisonline app ingetekend. Vervolgens worden de gegevens van de vegetatieopname ingevoerd per punt. Voor de vegetatieopnames wordt het minimumareaal bepaald volgens de methode van Schaminée. Hierbij wordt een plot van 10 bij 10 cm uitgezet en de plantensoorten gedetermineerd. Vervolgens wordt dezelfde plot vergroot totdat er geen of nauwelijks nieuwe soorten bijkomen. Het laatste gedetermineerde plot wordt de standaard plotoppervlakte voor de rest van de vegetatieopnames (J.H.J Schaminée, 1995). Bij de vegetatieopnames worden de soorten gedetermineerd en genoteerd met de bedekkingsgraad per soort. Het formulier voor de vegetatieopnames is opgenomen in Bijlage 3

Als tweede identificatie wordt gekeken naar de huidige NDFF gegevens van de plantsoorten. De volledig aangeleverde data van staatbosbeheer wordt in Excel gefilterd. Hierbij wordt een lijst gemaakt met de planten die dit jaar, levend voorkomen in het projectgebied.

2: Identificeren van de fauna

Voor het identificeren van de fauna wordt wederom de NDFF-gegevens gebruikt. Hierbij wordt deze gefilterd waarbij het alleen de fauna weergeeft die dit jaar is gezien. Verderop in de methode komen deze gegevens terug en wordt er ook naar meerdere jaren gekeken. (Paragraaf 3.3)

3: Identificeren van de bodem

Voor de identificatie van de huidige staat van de bodem worden grondboringen gedaan. Hierbij worden 11 boringen, verspreid over het hele gebied uitgevoerd. Bij deze boring en door middel van literatuuronderzoek zijn de volgende eigenschappen vastgesteld

- Profieleigenschappen
- Geomorfologie, bodemsoorten
- PH
- Overige kenmerken, mits aanwezig (Bijvoorbeeld Gley-verschijnselen)

De locatie van de boring wordt in het veld met behulp van de Arcgis online app ingevoerd. Vervolgens worden de boorgegevens toegevoegd aan het desbetreffende punt. De gegevens van de boringen worden aan de hand van bijlage 4 genoteerd.

4: Huidige beheer

Hierbij wordt na contact met Staatsbosbeheer het huidige beheer, en de motivatie hiervoor beschreven.

3.2 De vaststellen van de gewenste situatie

Na het vaststellen van de huidige situatie word er gekeken naar wat de gewenste situatie inhoud. Hierbij wordt naar dezelfde aspecten gekeken als beschreven in 4.1. De gewenste situatie wordt bepaald aan de hand van de gegevens van de huidige staat en het huidige doeltype vastgesteld door Staatsbosbeheer.

1: Het bepalen van het gewenste natuurdoeltype

Het gewenste natuurdoeltype in overleg met Staatsbosbeheer bepaald. Hierbij wordt het SNL-type beschreven. De SNL-kwaliteitsrichtlijnen worden gebruikt voor het bepalen van gewenste situatie. (Ministerie van Landbouw, Profielen , 2008) (Bij12, 2020)

Zoals te zien is in Bijlage 5 is het SNL type al gedefinieerd. De Gully valt onder de codering N07.01: Droge Heide.

2: Opstellen van de habitatrichtlijnen SNL en Natura 2000

Na het bepalen van het gewenste natuurdoeltype worden de eisen opgesteld. SNL-richtlijnen en de indicatorsoorten, waaronder de Heivlinder worden gebruikt voor het bepalen van de kwaliteit van het natuurtype. Deze worden overgenomen als referentiemateriaal. In paragraaf 4.3 volgt de analyse van de huidige en gewenste situatie.

3: Literatuuronderzoek naar bodemeigenschappen

De bodemeigenschappen worden niet weergeven bij de richtlijnen van SNL of Natura 2000. Voor een volledige analyse in paragraaf 4.3 moet ook de bodem onderzocht worden. Het referentie materiaal wordt door middel van litteratuuronderzoek opgesteld.

3.3 Analyse

In dit hoofdstuk wordt de huidige situatie vergeleken met de gewenste situatie. Na de vergelijking wordt een eindoordeel opgesteld. Bij de vergelijking komen ook de knelpunten naar voren.

1: Vergelijking flora en fauna

In deze stap wordt naar de drie terugkomende aspecten gekeken; Flora, fauna en Bodemeigenschappen. De huidige situatie wordt vergeleken met de gewenste situatie en hierbij worden de verschillen beschreven.

Bij de flora en fauna wordt gekeken naar het voorkomen van de soorten. Natura 2000 heeft een lijst met voorkomende soorten waarde elk soort zijn waarde heeft. (Zie bijlage 2) Soorten met de waarde K (Karakteristiek), zijn karakteristieke soorten voor de desbetreffende vegetatie. Deze soorten zeggen meer over de gesteldheid van het vegetatietype dan de soorten met de waarde E (Exclusieve soort) (Ministerie van Landbouw, Natura 2000 , 2008) Naast deze gegevens wordt de huidige situatie vergeleken met de soortenlijst van SNL voor droge heide.

De gegevens van de vegetatieonderzoeken en van NDFF worden naast de Natura 2000 soortenlijst geplaatst. In de probleemstelling wordt de Heivlinder als specifieke soort genoemd. Deze soort wordt ook meegenomen in deze analyse.

Om een kwaliteitsoordeel op te stellen worden een aantal aspecten beoordeeld. De beoordelingswaarden zijn absoluut en fictief. Deze waarde wordt bepaald om een globaal beeld te krijgen van de staat waarin de heide zich verkeerd. In de rapportage wordt per onderwerp de keuze voor waardering verklaard. Voor het kwaliteitsoordeel worden de volgende aspecten behandeld.

- Aandeel karakteristieke soorten aanwezig
- Rode lijst soorten
- Compleetheid van de vegetatie
- Bedekkingsgraad van typische of niet typische soorten

2: Vergelijking bodem

Voor de vergelijking van de bodem wordt het eerder opgestelde referentiemateriaal (3.2) vergeleken met de huidige staat van de bodem (Grondboringen 3.1). Bij het vergelijken van deze twee situaties, komen de afwijkende waarden naar boven. Op grond van deze waarden worden de beheermatregelen opgesteld.

Bij deze stap wordt een korte beschrijving gegeven van de afwijkende waardes en mogelijke knelpunten hiervan. Er wordt geen kwaliteitsberekening gedaan zoals bij flora en fauna.

3: Conclusie en knelpunten

Na het eindoordeel wordt de conclusie beschreven, hierbij wordt gekeken naar het oordeel van de huidige staat. De verbeterpunten worden duidelijk en concreet opgesteld. Naar aanleiding van deze conclusie wordt er onderzoek gedaan naar de geschikte beheermaatregelen die in 3.4 worden opgesteld. Verder zal kort de kwaliteitstrend beschreven worden. Hierbij wordt het kwaliteitsoordeel in vergelijking met 5, 10 en 50 jaar terug beschreven. Deze trend wordt opgesteld met de NDFF gegevens die beschikbaar zijn gesteld door Staatsbosbeheer.

3.4 Beheermaatregelen

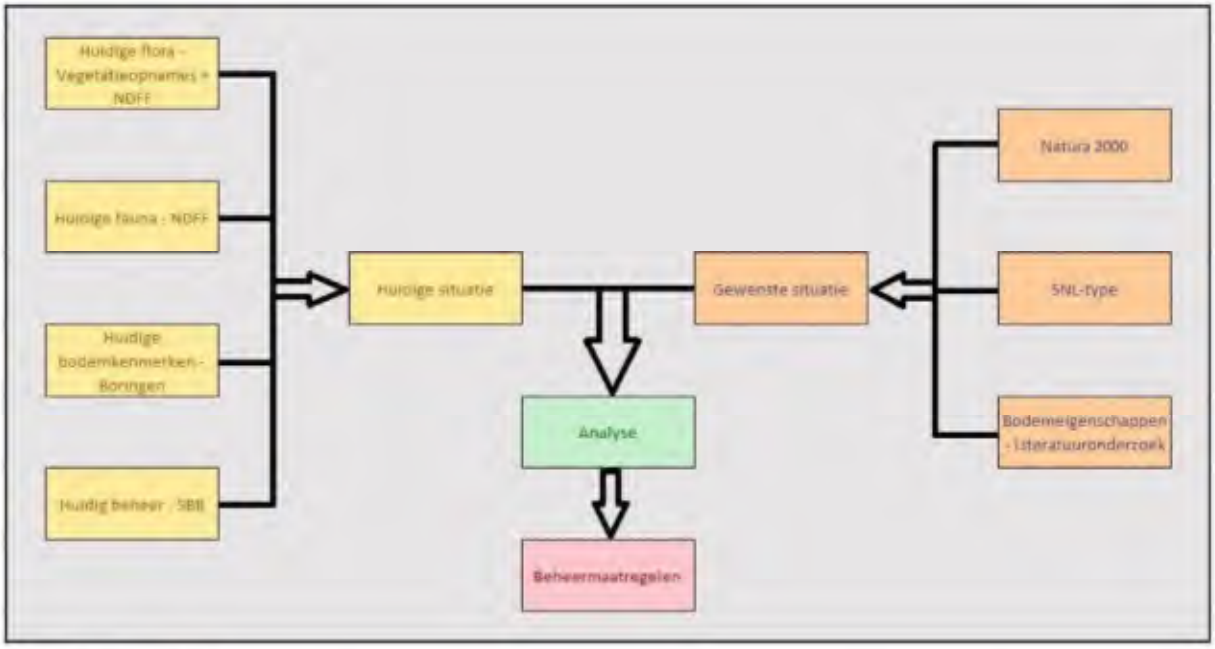
Vanuit de eerder opgesteld conclusies kunnen herstelmaatregelen worden opgesteld. Hierbij wordt rekening gehouden met het huidige beheer en de effecten hiervan. Na uitgebreid literatuuronderzoek worden de beste beheermaatregelen concreet en onderbouwt beschreven. Deze beheermaatregelen worden zo beschreven dat deze indien mogelijk direct kunnen worden uitgevoerd, mits Staatsbosbeheer de middelen ter beschikking heeft en het seizoen het toelaat. Verder moeten de beheermaatregelen aan de randvoorwaarden voldoen die beschreven zijn paragraaf 2.2.

Er worden meerdere herstelmaatregelen beschreven. Alle herstelmaatregelen worden getest in vooraf bepaalde plots. Deze plots worden bepaald aan de hand van vegetatie en bodemonderzoek. De maatregelen worden getest op locatie waarbij de vegetatie en bodem het minst intact zijn.

Hierdoor zijn de resultaten het beste zichtbaar en wordt de natuur die nog het meest intact is niet aangetast. Als laatste worden de verbeterpunten van dit onderzoek beschreven.

3.5 Roadmap

Voor een overzicht van de methodiek is hieronder een afbeelding toegevoegd (Figuur 2). Deze afbeelding geeft de volgorde van de stappen aan. De afbeelding is ook vergoot opgenomen in de bijlage 6



Figuur 2 (Stappenplan)

3. Huidige situatie

3.1 Bodem

Bodemcodering

De bodem van de Gully bestaat uit 2 verschillende delen. Het grotendeel van de Gully bestaat uit duivaaggrond met leemarm of zwak lemig, fijn zand. Vrijwel de volledige Gully ligt op deze bodem (Zie bijlage 7) De uiterste punten van de Gully, zowel in het Oosten als in het Westen, liggen op een Holtpodzolgrond met grof zand.

De Holtpodzolgronden zijn afwisselden humusrijk en humusarm, de bovenste laag bevat hierbij extreem veel humus. De volledige grond bestaat uit matig fijn, leemarm zand en is compleet kalkloos. Door de kalkloosheid is deze grond ook extra gevoelig voor verzuring. (Schelling, 1966)

De duinvaaggronden komen vaak inlands voor bij stuifzanden. De duinvaaggronden zijn met stuifzand overstoven potzolgronden. Hierdoor komt de bovengrond vaak overeen met het stuifzand rondom de locatie en de ondergrond met de omliggende, niet overstoven gronden. In dit geval is de ondergrond zeer goed te vergelijken met de eerder beschreven Holtpodzolgrond. Het aandeel humus is wel goed te onderscheiden. De bovenlaag en onderlaag van een duinvaaggrond bevat vrijwel geen humus tot op 100 cm diepte terwijl de Holtpodzolgronden veel humus bevatten tot 100 cm diepte.

Naast de huidige bodemkaart wordt er ook gekeken naar de boringen opgenomen in Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond loket. (DINOloket) In dinoloket zijn een zestal boringen van de Gully opgenomen. Deze boringen zijn opgenomen in bijlage 8a. Volgens DINOloket ligt de Gully op de formatie van Drente met een deklaag van Boxtel. (TNO Geologische dienst Nederland , 2010) Deze deklaag van de formatie van Boxtel is terug te leiden op de verstuiving waardoor de bodem ook de benaming duinvaaggrond heeft gekregen (Schelling, 1966)

Bodemboringen

In het gebied zijn in totaal elf bodemboringen gedaan. Van elke bodem is de pH op twee plaatsen gemeten. Een op de overgangszone van humus naar de eerste bodemlaag. De tweede is op 50 cm diepte genomen. De resultaten van deze metingen zijn weergeven in bijlage 8b In het gebied zijn de twee verschillende bodemsoorten terug gevonden. de duinvaaggronden werden alleen aangetroffen op de "bulten" in het gebied. In elke laagte zijn haarpotzolgronden aangetroffen. tussen deze twee gronden zijn geen duidelijke verschillen gevonden wat betreft de pH. Beide gronden lagen op een duidelijke ondergrond van de formatie van Boxtel.

De pH is op 2 manieren gemeten. De eerste is met een electroden pH meter, waarbij de grond wordt gemengd met water waarna de waarde wordt gemeten. Bij de tweede meting wordt een NaCl correctie toegevoegd.

PH meting gemiddelde: 4,65

PH meting met NaCl correctie: 3,98

3.2 Flora

Voor het flora onderzoek zijn 16 vegetatieopnames gemaakt. Deze opnames staan weergeven in bijlage 9 Aan de hand van de vegetatieopnames zijn de gebieden verdeeld in de verschillende associaties waar deze onder vallen (Figuur 3). Hierbij zijn ook de locaties van de vegetatieopnames weergeven. De associaties zijn bepaald met Synbiosys.

Figuur 3 (Associaties van de Gully)

Zoals te zien is in de vegetatieopnames vallen alle associaties binnen de struikhei orde (20a) met een enkele die ook als een rompgemeenschap van heischrale graslanden of heischraal grasland kan worden gedefineerd (Bijlage 9) . Als laatste is er één vegetatieopname gevonden die kan worden geclassificeerd onder het verbond; Naaldbossen. Hieronder staan alle verschillende associaties en subassociaties weergeven.

- 20Aa01a = Associatie van Struikhei en Stekelbrem, subass: Met korstmossen - 20Aa01b = Associatie van Struikhei en Stekelbrem, Typische subass.
- 20Aa01c = Associatie van Struikhei en Stekelbrem, subass: mosrijk
- 20Aa01d= Associatie van Struikhei en Stekelbrem, subass: met Tandjesgras
- 20Aa02 = Associatie van Struikhei en Bosbes
- 19RG02 = vb Heischraal grasland, rompgemeenschap van Bochtige smele
- 19Aa01 = vb Heischraal grasland, ass van Liggend walstro en schapengras
- 41Aa03d = Associatie Kussentjesmos-Dennenbos, Subass: met pijpenstrootje

Voor 9 van de 16 vegetatieopnames zijn meerdere associaties opgesteld. Binnen alle vegetatieopnames is geen enkele trouwe soort gevonden waardoor er niet met zekerheid kan worden geclassificeerd. Geen van de classificaties is hierbij compleet, of goed ontwikkeld.

In Synbiosys zijn alle soorten die voorkomen geanalyseerd aan de hand van Ellenberg. Hierbij is gekeken naar voedselrijkdom en de pH-waarden. Deze grafieken zijn weergeven in bijlage 10 de huidige vegetatie geeft aan dat de omgeving valt onder waarde 3 voor voedselrijkdom, oftewel een voedselarme bodem. De soorten die hiervan afwijken zijn niet consistent door het hele gebied gevonden en deze duiden op afwijkende plaatsen binnen het natuurtype. De meest dui delijk

afwijkende soorten zijn gewonde braam, pitrus en gewone paardenbloem. Deze soorten kunnen worden verklaard door de aanwezigheid van de huidige stikstofdepositie. Door vrijwel het gehele gebied komt hevige vermossing en vergrassing voor, met uitzondering van de oudere delen heide die zich bevinden in het midden van het gebied en oostwaarts hiervan. De huidige staat van vergrassing en vermossing bevestigd de eerdere conclusie wat betreft het voorkomen van paardenbloem, braam en pitrus.

3.3 NDFF

Voor het bepalen van de huidige staat van de fauna, zijn er NDFF gegevens beschikbaar gesteld. Deze gegevens lopen terug tot 1900, maar voor de huidige staat zijn alleen de gegevens van afgelopen jaar neergezet (2020/2021). Deze zijn hieronder weergeven (figuur 4)

De enige rode lijst soort aanwezig in deze gegevens is de Zandhagedis. Deze valt onder de categorie "kwetsbaar" (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2021) Vanuit SNL is de Veldkrekel aanwezig die onder de typische soorten valt voor het Natuurtype N07.01 droge heide. (Bij12, 2020)

soort_ned	soort_wet	Aantal
atalanta	Vanessa atalanta	3
bont zandoogje	Pararge aegeria	1
boomblauwtje	Celastrina argiolus	1
citroenvlinder	Gonepteryx rhamni	2
dagpauwoog	Aglais io	5
Gesnaveld klauwtjesmos	Hypnum cupressiforme	1
Gevorkt heidestaartje	Cladonia furcata	1
Gewone margriet	Leucanthemum vulgare	1
Gewoon biggenkruid	Hypochaeris radicata	2
Groen boomschildmos	Flavoparmelia soredians	1
Hazelworm	Anguis fragilis	2
hooibeestje	Coenonympha pamphilus	4
Knollebladwesp	Athalia rosae	1
Knopsprietje	Myrmeleotettix maculatus	1
Kronkelheidestaartje	Cladonia subulata	1
Kruipganzerik	Potentilla anglica	1
Ratelaar	Chorthippus biguttulus	1
Rechte ganzerik	Potentilla recta	1
roodbont heide-uiltje	Anarta myrtilli	2
Snortikker	Chorthippus mollis	1
Tandjesgras	Danthonia decumbens	1
Toorts onbekend	Verbascum sp. indet.	1
Veldereprijs	Veronica arvensis	1
Veldkrekel	Gryllus campestris	4
Zandhagedis	Lacerta agilis	38
Zandhoornbloem	Cerastium semidecandrum	1
zuringspanner	Lythria cruentaria	1
Zachte ooievaarsbek	Geranium molle	1

Figuur 4 (NDFF 2020-2021)

3.4 Huidig beheer

Voor het beheren van het heideterrein worden een aantal dingen toegepast. Om te voorkomen dat de heide bebost wordt de heide vrijgehouden van vliegdennen. De frequentie van het verwijderen van vliegdennen heeft geen vaste tijd maar wordt gedaan indien nodig. Verder wordt er met schapen begraasd. Deze begrazingsvorm wordt zeer licht gedaan en kan indien mogelijk worden opgeschaald.

4. Doelsituatie

4.1 Doeltype natuur; Droge heide

Vanuit SNL is het doeltype al van te voren bepaald. Het desbetreffende doeltype is N07.01 droge heide. SNL heeft de belangrijke kenmerken voor dit natuurtype al opgesteld en deze worden in dit hoofdstuk beschreven. Verder is de meest accurate associatie van Schaminee bepaald voor het analyseren van de biotische en abiotische waarden. Dit is de associatie van struikhei en stekelbrem 20Aa01. Deze is bepaald aan de hand van de kenmerkende soorten van SNL.

4.2 Flora en fauna

Voor de flora en fauna binnen het type Droge heide is een lijst opgesteld met typische soorten voor dit natuurtype. Deze lijst is opgenomen in bijlage 11 De SNL soorten zijn kenmerkend voor een goed ontwikkelde heide. Niet alle soorten hoeven volgens dit criteria voor te komen. Slechts 12 soorten van deze lijst duiden al op een goed ontwikkelde heide.

Ook gelden er andere criteria voor dit type zoals de aanwezigheid van structuren en de afwisseling hiervan, verbinding tussen andere soortgelijke gebieden en de leeftijd van de heide. De factoren van de SNL-waardering worden zoveel mogelijk meegenomen in de herstelmaatregelen.

4.3 Bodemkarakteristieken

Het type droge heide komt voor op kalkarme zand en leemgronden met diepe grondwaterstanden en zonder schijngrondwaterspiegels. De leemgronden zijn vochtiger dan de leemarme gronden. Omdat de bodems al kalkarm zijn, en er uitspoeling van kalk door (zuur) regenwater plaatsvind, is de Ph van deze grond laag. (Bij12, 2020) De pH waarden liggen tussen 4-4,5 met een s.e. van 0,2 volgens de ellenberg waarden. (Figuur 5) (Dobben, 1996) Deze gronden hebben minimale tot geen zuurbufferingsvermogen en zijn daarom ook zeer gevoelig voor de huidige stikstofdepositie met de verzuring die daardoor plaatsvind. Hierdoor is ook vaak de nutriëntenbalans verstoord. (R.H. Kemmers, 2011)

pH	pH	s.e.	pH-KCl	s.e.
1	3,81	0,23	3,38	0,15
2	4,24	0,18	3,68	0,12
3	4,67	0,14	3,97	0,09
4	5,10	0,11	4,27	0,07
5	5,54	0,10	4,56	0,06
6	5,97	0,12	4,85	0,07
7	6,40	0,16	5,15	0,10
8	6,84	0,20	5,44	0,12

Figuur 5 (Ellenberg cijfer vertaald naar pH)

5. Analyse en knelpunten

5.1 Flora

Om te kijken naar de ontwikkelingen van de flora binnen de Gully is naar de afgelopen 5 jaar gekeken. Hiervoor zijn de NDFF gegevens per jaar opgesteld en is er gekeken naar de ontwikkelingen. De NDFF gegevens zijn te inconsistent ingemeten en zijn daardoor op niet betrouwbaar. Hierdoor wordt er ook gekeken naar de huidige vegetatie opnames samen met de NDFF soorten. Deze zijn vergeleken met wat er eerder is waargenomen.

Vervolgens is er ook gekeken naar de verschillen tussen de huidige situatie en de trouwe soorten volgens het struikhei verbond naar de methode van Schaminee. Als laatste zijn de typsiche soorten volgens SNL vergeleken met de huidige vegetatie. Alle vergelijkingen zijn aan de hand van Ellenbergwaarden geanalyseerd.

Analyse met verdwenen soorten

Hieronder zijn een drietal tabellen weergeven, allereerst de soorten die voorkomen in dit jaar (20202021) (Figuur 6) vervolgens de soorten die voorkomen van 2016 tot aan 2020 (Figuur 7). Als laatste zijn deze twee lijsten vergeleken en de soorten die niet meer voorkomen in 2020-2021 zijn weergeven in de laatste tabel (Figuur 8)

Huidige soortenlijst, NDFF en vegetatieopnames:

Lijst met soorten 2021	
amerikaanse eik	paarse dovennetel
blauwe bosbes	pijpenstrootje
bochtige smele	pitrus
braam	Ratelaar
Gesnaveld	
klauwtjesmos	Rechte ganzerik
gestreepte witbol	ruwe berk
Gevorkt heidestaartje	schapenzuring
Gewone margriet	struikhei
Gewoon biggenkruid	Tandjesgras
Groen boomschildmos	
grove den	Toorts onbekend
Kronkelheidestaartje	Veldereprijs
	Zachte
Kruipganzerik	ooievaarsbek
liggend walstro	Zandhoornbloem
paardenbloem	

Figuur 6 (Huidige flora soortenlijst 2021)

Lijst met soorten uit NDFF 2016-2020:

Lijst met soorten 20162020	
Amerikaans krentenboompje	Liggend walstro
Amerikaanse eik	Muizenoor
Amerikaanse vogelkers	Noorse ganzerik
Beuk	Open rendiermos
Blauwe bosbes	Pijpenstrootje
Bochtige smele	Pilzegge
Boskronkelsteeltje	Poelruit
Duizendblad	Rood / Duinzwenkgras
Fijn schapengras	Ruig haarmos
Fraai haarmos	Ruwe berk
Gevorkt heidestaartje	Schapenzuring
Gewone agrimonie	Sint-Janskruid
Gewone dophei	Sporkehout
Gewoon biggenkruid	Struikhei
Gewoon gaffeltandmos	Tandjesgras
Gewoon klauwtjesmos	Veldbeemdgras
Gewoon struisgras	Vroege haver
Grijs kronkelsteeltje	Wilde lijsterbes
Grove den	Witte klaver
Heideklauwtjesmos	Zachte berk
Hollandse linde	Zandstruisgras
Hondsviooltje	Zandzegge
Kruipbrem	Zomereik
Larix (G)	Zwarte braam

Figuur 7 (NDFF flora 2016-2020)

Ontbrekende soorten in 2021:

Ontbrekende soorten	
Amerikaans krentenboompje	Muizenoor
Amerikaanse vogelkers	Noorse ganzerik
Beuk	Poelruit
Duizendblad	Sint-Janskruid
Gewone agrimonie	Sporkehout
Gewone dophei	Wilde lijsterbes
Gewoon biggenkruid	Witte klaver
Hollandse linde	
Hondsviooltje	
Kruipbrem	
Larix (G)	

Figuur 8 (Ontbrekende soorten in 2021)

Bij het vergelijken van de Ellenberg waarde van de ontbrekende soorten voor zuurgraad en voedselrijkdom met deze van de huidige situatie, komen de knelpunten al snel naar boven. De soorten die ontbreken staan gemiddeld voor een iets basischere bodem.

Ontbrekende soorten gemiddelde zuurgraad: Ellenberg 3-4,5 → pH: 4,5-5,2

Huidige situatie gemiddelde zuurgraad: Ellenberg 2-3,5 → pH: 4,1-4,7

Hoewel de vertaling van Ellenberg waarde naar pH waarde niet extreem accuraat is, kan hier toch met zekerheid worden gezegd dat de omgeving verzuurd is, omdat bij de vergelijking alleen wordt gekeken naar de waarden van Ellenberg. De vertaling naar pH is voor referentie naar wat de huidige situatie mogelijk kan zijn. De aanname is dat de pH vaak lager uitvalt dan aangegeven.

Wanneer er toch gekeken wordt naar de pH waarde van Ellenberg, vallen de huidig aanwezige pH waarden veel lager uit dan de aanbevolen waarde. De huidige pH ligt rond de 2,9. Waarbij ellenberg aangeeft dat deze tussen 4,1 en 4,7 ligt. Voor een vergelijking van pH waarden zal dus niet worden gekeken naar de Ellenberg waarde.

Wanneer er wordt gekeken naar de voedselrijkdom valt op dat de huidige situatie in voedselarmere gronden staat dan de ontbrekende soorten. De huidige soorten komen voor in een traject van 2-4 met een optimum van 3,8 waarbij de ontbrekende soorten 3-5,5 met een optimum van 4. Dit valt op omdat er verwacht wordt dat de bodem verrijkt is door fosfaten en de stikstofdepositie. Dat de ontbrekende soorten in voedselrijkere gronden staan dan de huidige situatie kan worden verklaard doordat de huidige stikstofdepositie de grond wel verrijkt met stikstof maar door deze verrijking de grond armer maakt aan andere elementen (Dit moet even worden gechecked) verdringing van spoorelementen, kijk bijv naar eiken die dood gaan door AL vergiftiging

SNL-soorten analyse

De SNL-soorten zijn qua zuurgraad extreem divers. Het traject waarin deze soorten voorkomen ligt tussen de 1,8 en de 6,5. (Zie blijlage 5.1.2e Het gemiddelde hiervan ligt rond de 3,5. Voor een betere analyse wordt het traject gekozen waar de meeste soorten wel kunnen voorkomen en waarbij de waarde binnen het optimum van de meeste soorten valt. Dit traject ligt tussen 2,5 en de 4. Voor het huishouden van de SNL-soorten geeft Ellenberg aan dat de zuurgraad geen problemen levert voor meeste soorten. Het verschil tussen de Ellenberg waarde en de actuele Ph is wel groot (1,2). Maar zoals eerder genoemd wijken de Ellenberg waarden af van de actuele waarden als deze worden vertaald naar pH waarden. hierdoor blijft het verschil in waarde een schattig.

SNL-soorten optimale Zuurgraad: Ellenberg 2,5-4 → pH: 4,4-5,1

Huidige situatie zuurgraad: Ellenberg 2-3,5 → pH: 4,1-4,7

Wat betreft de voedselrijkdom zijn de soorten van SNL consistenter. De meeste soorten komen voor op voedselarme bodems en voedselarme tot zeer voedselarme bodems (2-3,5) De huidige situatie zit hier weer net boven (Rijkere gronden), met een voorkomingstraject van 2-4 met een optimum van 3,8.

Trouwe soorten analyse

De trouwe soorten staan vrijwel allemaal in zure bodems met een Ellenberg waarde van 2-3 waarbij het optimum ligt bij 2,5 (bijlage 13).

Trouwe soorten optimale Zuurgraad: Ellenberg 2-3 → pH: 4,24-4,67

Huidige situatie zuurgraad: Ellenberg 2-3,5 → pH: 4,1-4,7

Zoals te zien is komen de waarden van Ellenberg voor het eerst dicht bij de huidige waarden. De trouwe soorten van Schaminee zijn een goede meting voor de compleetheid van de vegetatie. Ontbreken de trouwe soorten dan is de vegetatie niet goed ontwikkeld. Deze analyse geeft aan dat het pH traject niet zozeer lager ligt dan geschat en suggereert dat de trouwe soorten hier wel moeten kunnen overleven. Toch zijn er geen trouwe soorten gevonden in de huidige situatie. Dit geeft aan dat er mogelijk een andere oorzaak ligt voor het ontbreken van trouwe soorten

De voedselrijkdom van de trouwe soorten is zeer consistent. Het traject waarbij alle soorten voorkomen ligt tussen de 2 en 3 met een optimum van 2,3 (zeer voedselarm tot voedselarme bodems). In vergelijking met de huidige situatie (2-4 met optimum 3,8) zit hier een groot verschil tussen. Het optimum ligt 1,5 waarde hoger dan gunstig voor de trouwe soorten. Zelfs de gemiddelde waarde van de huidige situatie ligt buiten het traject van de trouwe soorten. Dit geeft aan dat voor de trouwe soorten de omgeving overduidelijk verrijkt is.

5.2 Fauna

Voor de fauna-analyse zijn de soorten opgesteld die voor, en na 2020 voorkwamen, over een tijdspan van 5 jaar. Hierbij zijn de soorten opgesteld die eerder wel zijn waargenomen (Voor 2020-2021) maar niet meer gezien zijn in 2020-2021. Deze soorten geven een inzicht in mogelijke onderliggende oorzaken in de abiotiek of biotiek.

De tabellen met soorten uit 2016-2019 en 2020-2021 zijn hieronder weergeven. Er zit een duidelijk verschil in het aantal soorten die eerder zijn waargenomen. 22 soorten zijn waargenomen voor 2020 en maar 16 na 2020. De soorten aantallen zijn niet alleen minder maar ook deels anders samengesteld. 6 soorten zijn waargenomen in 2020 die eerder niet voorkwamen (Figuur 9). De overige 10 soorten zijn dus nog steeds aanwezig in het gebied. Er zijn 12 soorten niet meer waargenomen na 2020 (Zie Figuur 9). Voor de analyse worden beide categorieën onderzocht. Hierbij wordt gekeken naar soort specifieke eisen.

Faunalijst met soorten 2016 -2(
Atalanta hooib boomblauwtje kleine vuurvlin Knopsprietje distelvlinder Lever eikenpage nachtpauwoog geelpurperen spanner Sikkels gewone heispanner Smalle dikkopje Snortikker Hazelworm Veelv heideblauwtje Veldkrekel heiv Zandhagedis

Faunalijst met soorten in 2020-2021
Atalanta kleine vuurvlinder bont zandoogje Knollebladwesp boomblauwtje Knopsprietje citroenvlinder roodbont heide-uiltje dagpauwoog Snortikker Hazelworm Veldkrekel hooibeestje Zandhagedis kleine vos zuringspanner

Figuur 9 (Fauna 2016-2019-Links en Fauna 2020-2021-Rechts

Van de verdwenen soorten staan er 6 op de rode lijst. Hieronder staan deze weergeven met hun rode lijst status. Wat opvalt is dat er van de soorten die in 2020-2021 erbij zijn gekomen (Figuur 10) staat hiervan geen soort op de rode lijst. Er is dus duidelijk een achteruitgang te zien in de aanwezigheid van beschermde diersoorten. Vanuit de SNL-soorten is er 1 typische soort niet meer waargenomen, namelijk de Heivlinder. Van de soorten die er in 2020-2021 zijn bijgekomen valt geen van deze onder de typische soorten van SNL.

Soort	Status
Groot dikkopje	Gevoelig
Heivlinder	Kwetsbaar
Levendbarende hagedis	Gevoelig
Sikkelsprinkhaan	Gevoelig
Nachtpauwoog	Kwetsbaar
Heideblauwtje	Kwetsbaar

Figuur 10 (Verdwenen soorten op de rode lijst in 2021)

Verdwenen soorten

Hieronder zijn de soorten die zijn verdwenen volgens de NDFF gegevens beschreven. hierbij worden de belangrijkste habitatkenmerken benoemd. Deze gegevens geven inzicht in de structurele gesteldheid van de Gully. (Figuur 11)

Ontbrekende soorten in 2021	
Veelvraat	heivlinder
Distelvlinder	Levendbarende Hagedis
Eikenpage	nachtpauwoog
Geelpurpuren spanner	Sikkelsprinkhaan
Gewone heispanner	Smalle randwants
Groot dikkopje	Heideblauwtje

Figuur 11 (Soorten verdwenen in 2021)

Vlinders:

Distelvlinder

Deze soort plant zich voort in Nederland maar is niet jaarrond aanwezig. De distelvlinder komt naar Nederland om zich voort te planten waarna ze vertrekken naar Zuid-Afrika om daar te overwinteren. De rupsen en vlinder die in Nederland blijven overleven de winter niet. Deze soort stelt weinig eisen aan zijn omgeving en kan zelfs overleven op intensieve landbouw. De waardplanten van deze vlinder zijn de Akkerdistel, gewone klit en grote brandnetel. De soort is niet bedreigt en komt over heel Nederland algemeen voor. Zijn voeding komt voornamelijk van de nectar van vlinderstruiken, koninginnenkruid en akkerdistel. Geen van de waardplanten zijn aangetroffen in het gebied. Deze soort geeft weinig informatie over de gesteldheid van de heide.

Veelvraat

De waardplanten van de veelvraat zijn houtige planten waaronder struikhei, bosbes en braam. Deze 3 soorten zijn allemaal aanwezig in het gebied. Deze soort staat niet op de rode lijst. De rups van de veelvraat overwintert als rups in mossen of dode bladeren. Deze soort en zijn habitateisen zijn allemaal aanwezig in het gebied. Waarom deze soort is verdwenen is onbekend.

Eikenpage

De Eikenpage voed zich met honingdauw en soms nectar van sporkehout, boerenwormkruid, braam of distels. De soort overwintert als ei op de zomereik. Hierbij worden de eitjes afgezet op plekken in

de zon maar uit de wind. Voorkeur voor eiafzet en habitat ligt bij grotere eiken, eikenlanen en houtwallen. Deze soort geeft weinig informatie over de heide zelf maar kan wel indicatie zijn voor de gesteldheid van eiken en bosranden.

Geelpurpuren spanner
Deze soort is vrij algemeen en stelt geen sterke specifieke eisen. De waardplanten zijn kruidachtige. Deze soort is een heidesoort maar komt voornamelijk voor op natte heide. De soort overwinterd als rups en verpopt zich als cocon in de strooisellaag. Mogelijke oorzaak voor verdwijnen kan liggen aan de strooisellaag of mogelijk ontbreken van kruidachtige planten. Deze soort is niet bedreigt en valt ook niet onder typische SNL soorten.

Groot dikkopje
Deze soort staat vermeld op de rode lijst als gevoelig. Hij voed zich met nectar van braam. Dophei en akkerdistel. De waardplanten zijn voornamelijk grassen waaronder Breedbladige zwenkgrassen, beemdgrassen, kweek, witbol en pijpenstrootje. De soort geeft voorkeur aan vochtigere omstandigheden en komt ook voor in open plekken in het bos, ruigten en bosranden. Mogelijke oorzaken voor verdwijning zijn:

- Structuurafwisseling ontbreekt, tussen ruigte, bosranden en waardplanten
- Verdroging
- Ontbreken van voedingsplanten/ te weinig voeding (Braam dophei en akkerdistel)

Heivlinder
Deze soort staat vermeld op de rode lijst als kwetsbaar en staat ook op de SNL typische soorten lijst voor de droge heide. De waardplanten van deze soort zijn schapengras, en andere grassen van schrale graslanden zoals struis en zwenkgrassen. Zijn voeding bestaat uit nectar van struikhei en akkerdistel en boomsappen van eik en berk. Het ideale habitat voor deze soort bestaat uit open en afwisselend landschap met voldoende nectar en kale plekken en enkele bomen of struiken voor beschutting, berk en eik geven hierbij gelijk mogelijkheid tot voedsel en beschutting. De soort stelt ook specifieke eisen aan de locatie van ei-afzet namelijk op groene of dorre delen van de waardplanten omringt door kale bodem en of lagere vegetatie. Deze soort komt ook voor op heischrale graslanden. Mogelijke oorzaken voor het ontbreken van de heivlinder:

- Te weinig stuctuurafwisseling tussen droge heide, berk/eik voor voeding en beschutting, kale/open plekken, heischraal grasland.
- Ontbreken van ontwikkeld heischraal grasland/ droge heide met waardplanten

Nachtpauwoog
De Nachtpauwoog staat vermeld op de rode lijst als kwetsbaar. Zijn waardplanten zijn struikheide, dophei, sporkehout, braam, bosbes, sleedoorn, meidoorn, berk en wilg. Op de wilg, meidoorn sleedoorn en dophei na staan al deze soorten in het gebied. Zijn habitat bestaat uit droge hei, heischrale graslanden en bossen. Waarom deze soort niet meer gezien is, is onbekend.

Heideblauwtje
Het Heideblauwtje staat vermeld als kwetsbaar op de rode lijst. Zijn voeding komt van struikhei en dophei en muizenoor. De waardplanten zijn struikhei, dophei en vlinderbloemige zoals rolklaver en brem. De voorkeur gaat uit naar struikhei en dophei. De soort komt voor op zowel droge als vochtige

heide maar heeft meer overlevingskans op vochtige heide. De soort komt niet voor op uitgestrekte vlaktes van struikhei maar heeft veel baat bij afwisseling met dophei. De ei-afzet wordt gedaan op de waardplant waarbij de eieren en/of de rupsen soms worden meegenomen door mieren waarbij de eitjes uitkomen in de buitenste gangen van het mierennest. De vlinderpopulatie heeft er baat bij als de zogenoemde waardmieren talrijk aanwezig zijn. De waardmieren zijn de akkermier en zwarte wegmier. Deze leven op half dophei en half pijpenstrootjes velden. Het heideblauwtje is talrijk aangetroffen op delen waar kleinschalig wordt geplagd. Hoogstwaarschijnlijk door het opkomen van jonge kleine heideplanten. Deze soort staat bekend om zijn gevoeligheid voor vermesting, verdroging en verzuring. Mogelijke oorzaken voor verdwijnen zijn:

- Geen afwisseling tussen droge en vochtige hei
- Geen dophei aanwezig
- Ontbreken van waardmieren
- Verzuring, vermesting en verdroging

Reptielen

Levendbarende hagedis
Deze hagedis staat op de rode lijst als gevoelig. Zijn habitat bestaat uit dicht begroeide gebieden zoals heide, open plekken in het bos en veen. Zijn voorkeur ligt op de vochtigere gebieden en de overgang tussen droog en nat. In de ver-problematiek (Vergrassing, verbossing, verzuring etc.) is er nog geen bewijs dat vergrassing een negatieve impact heeft op deze soort. Verbossing en verdroging blijken wel van extreme impact. De soort stelt een aantal specifieke eisen aan zijn omgeving. voor een geschikt habitat zijn er beschuttingsplekken tegen predatie en open plekken voor opwarming aanwezig. om te overwinteren zijn er oude holen, boomstronken of grote graspollen nodig. Zijn voedsel bestaat voornamelijk uit insecten. Redenen voor het verdwijnen van deze soort kunnen zijn:

- Verdroging
- Geen natte gebieden, of overgangen hiernaar aanwezig
- Ontbreken van genoeg voedsel

Insecten

Sikkelsprinkhaan
Deze soort staat vermeld als gevoelig op de rode lijst, maar heeft zich tegenwoordig door vrijwel heel Nederland verspreid... **bron!** Zijn habitat bestaat uit zonnige sterk begroeide terrassen en hellingen in bosrijke omgeving. dit habitat is goed vertegenwoordigt in de Gully met de afwisseling tussen hogere opgestoven delen en de lagere delen. De reden van het verdwijnen van deze soort is onbekend.

Smalle Randwants
Deze insecten zijn vooral te vinden op zonbeschenen struwelen en bosranden met struiken die bessen dragen, zoals sporkehout, hondsroos, meidoorn, lijsterbes en rode kamperfoelie. Ze voeden zich met het sap van de rijpe vruchten die ze daar aantreffen. Deze soort geeft weinig informatie over de toestand van de heide zelf.

Soorten zoals de smalle randwants en sikkelsprinkhaan worden over het algemeen minder vaak gezien omdat de kennis over deze soorten ontbreekt, of dat er niet specifiek op deze soorten wordt gelet. Dit is mogelijk een reden dat deze soorten niet langer in de NDFF-gegevens staan.

Bijgekomen soorten

De volgende soorten zijn er in 2020-2021 bijgekomen (Figuur 12) Geen van deze soorten staat op de rode lijst en worden dus niet bedreigt. Hieronder staan per soort de habitateigenschappen beschreven, om een conclusie te trekken over aspecten die zijn verbeterd in 2020-2021.

Soorten bijgekomen in 2021	
Bont zandoogje	Knollebladwesp
Dagpauwoog	Roodbont heide uiltje
Kleine vos	Zuringsspanner

Figuur 12 (Soorten bijgekomen in 2021)

Bont zandoogje

Deze soort is een typische bosbewoner, waarbij hij voorkomt bij open plekken, paden en randen in het bos. de waardplanten zijn voornamelijk grassoorten zoals zwenk-, witbol- en beemd-grassen. Zijn voedsel bestaat uit honingdauw, nectar van bloeiende bomen en braam en sap van vruchten. De soort komt vrij algemeen voor en is geen typische soort voor de heide maar zegt meer over openheid van bossen en het voedselaanbod hiervan.

Dagpauwoog

Deze soort leeft voornamelijk in tuinen, parken en kruidenrijke grenszones met bloeiende struiken. Hij komt vrij algemeen voor in Nederland en is ook niet bedreigd. Zijn waardplant is grote brandnetel. Zijn ei-afzet ligt voornamelijk op vochtige en beschaduwde plekken bij bosranden. Het is dan ook van groot belang dat de waardplant in de bosranden voorkomt. Zijn voedsel komt voornamelijk van Sleedoorn, kleine hoefblad, paardenbloem, akkerdistel, vlinderstuik en koninginnenkruid.

Kleine vos

De kleine vos stelt weinig eisen en is een echte generalist. Deze vlinder geeft daarom ook weinig informatie over de gesteldheid van de heide. Hij komt ook veel voor op droge graslanden met ruigteranden. Deze soort geeft een indicatie voor vergrassing en vermesting van de heide.

Knollebladwesp

Deze wespensoort is een zeer algemene soort. Over deze wesp is ook weinig bekend qua habitateisen. De Knollebladwesp wordt niet als significante of indicatieve soort gezien.

Roodbont heideuiltje

Het habitat van deze vlinder is heide, waarbij struikhei en dophei zijn waardplanten zijn. Hij komt vrij algemeen voor op zandgronden. Van deze soort zijn weinig habitateisen bekend.

Zuringspanner

Deze soort leeft op heide, duinen, wegbermen en spoorbermen. Zijn waardplanten zijn schapenzuring en veldzuring. Schapenzuring is extreem veel aanwezig in het gebied wat een mogelijk verklaring kan geven voor het voorkomen van deze soort. De Zuringspanner is vrij algemeen in Nederland en geeft geen sterke indicatie over de heide. De waardplanten staan bekend als zuurminnende soorten die indicatief zijn voor verzuring.

(Ministerie van LNV, 2021) (Vlinderstichting, 2021), (RVO, 2014), (ETI, bioinformatics, 2021),

(Wingerden, 2015), (Aukema, 2005)

5.3 Bodem

In het gebied zijn een 11 tal monsterlocaties gekozen waarbij er bodemmonsters direct onder de strooisellaag en rond de 50 cm zijn genomen. De metingen zijn weergeven in bijlage 8b en de locaties zijn weergeven in bijlage 8c De metingen van de strooisellaag worden steek 1 genoemd en die op 50 cm diepte steek 2.

Uit de metingen kwam een gemiddelde pH meting van 4,65 zonder zoutcorrectie. En een pH meting van 3,98 na zout correctie. De zout correctie geeft een accuratere meting van de huidige pH. Als er wordt gekeken naar de flora kenmerken rondom pH liggen deze onder de aanbevolen waarde.

De ellenberg waarde van de huidige soorten ligt op het traject van 4,1-4,7. Waarbij de huidige situatie aangeeft dat deze op 3,98 ligt. Dit verschil heeft te maken met de volgende zaken:

- Ellenberg waarde van planten geeft alleen een schatting van de pH
- De planten die er nu staan zijn toleranter voor zuur en komen dus op lagere traject ook voor

Voor het bepalen met hoeveel de pH moet worden verhoogd, worden de Ellenberg waarde aangehouden omdat deze wel accuraat zijn wat betreft het optimum van planten. Bij het kijken naar de ellenberg waarde moet de pH worden verhoogd met minimaal 1 (laagste waarde van trouwe soorten analyse) tot maximaal 1,7 (Hoogste waarde van trouwe soorten analyse). Als er wordt gekeken naar de aanbevolen waarde van de SNL richtlijnen kan een pH van 6,0 voorkomen. (Bij afwisseling met heischraal grasland of natte heide) volgens Natura 2000 richtlijnen ligt deze pH onder de 5,00 (eije, 2016). Waarbij de buffers van ijzer en aluminium niet worden ingezet (pH onder de 4,00) (Bakker, 1990) (Pagina 241 Afb 16.29)

Ontbrekende soorten gemiddelde zuurgraad: Ellenberg 3-4,5 → pH: 4,5-5,2

SNL-soorten optimale Zuurgraad: Ellenberg 2,5-4 → pH: 4,4-5,1

Trouwe soorten optimale Zuurgraad: Ellenberg 2-3 → pH: 4,24-4,67

Huidige situatie zuurgraad: Ellenberg 2-3,5 → pH: 4,1-4,7

Voor het beperken van de aluminiumbuffer is het dus gewenst om de pH boven de 4,00 te houden. Om hieraan te voldoen moet de pH dus minimaal met 0,02 worden verhoogt. Om de pH onder de 5 te houden mag de pH dus niet met meer dan 1,02 stijgen. Voor heischraal grasland is een pH boven de 5 niet negatief.

Omdat er maar een enkele factor is gemeten in de bodem (pH) wordt aanbevolen een uitgebreide analyse te laten doen voor een beter beeld van de bodem. Na deze analyse kunnen er hardere conclusies worden getrokken omtrent bodemverbetering.

5.4 Conclusie

Aan de hand van de eerder opgestelde onderwerpen in dit hoofdstuk worden een aantal conclusies getrokken. Hierbij worden de meest belangrijke factoren opgesteld, waarbij het heideterrein in diversiteit zal toenemen en hierbij een beter leefgebied vormt voor flora en fauna.

Fauna:

- Meer structuur, struwelen van brem en jeneverbes. Betere overgang in bosranden, meer bomen op de heide
- Meer afwisseling tussen natuurtype, droge heide, struweel, enkele bomen/opslag, heischrale graslanden en natte heide.
- Meer kruidachtige planten
- Vernatting

Flora:

- Verhoging van de zuurgraad
- Verbetering van nutriëntenbalans
- Meer gradiënten voor het voorkomen van meer soorten

Bodem:

- PH moet worden verhoogd met minimaal 0,02 en met maximaal 2,1 , voorkomen van pH boven de 5 tenzij doeltype anders is (Heischraal grasland)
- Nutriëntenbalans moet worden hersteld
- Uitgebreide bodemanalyse aanbevolen

Er zijn natuurlijk ook punten binnen de Gully waar al aan wordt gewerkt en/of al goed zijn ontwikkeld:

- Open zand plekken zijn zeer goed en genoeg aanwezig
- Bosranden worden al ingeweven met de heide, plooiingen. (Laatste bleswerkzaamheden 2020-2021)
- Verbinding met het defensieterrein in het Oosten is goed.

Als laatste zijn er een aantal punten waar rekening mee wordt gehouden wat betreft werkzaamheden of significantie waarnemingen binnen de Gully:

- In het westen, bij de oude Woudenbergsezandweg is het bos nog niet lang verwijderd en zijn extreem veel boomstronken aanwezig. Dit is ook het type wat zeer vergrast is.
- Het uiterste deel van de Gully, het laatste deelvlak in het westen is volledig overwoekerd met braam.
- De overgang en verbinding tussen de Gully en het terrein van Utrechts landschap is niet voldoende. De bomenstrook/laan hiertussen is te breed voor goede migratiemogelijkheid.
- Kruidachtige zijn vrijwel niet/niet aanwezig in de Gully.
- Eiken die in de Gully staan zijn niet gezond en vertonen eigenschappen van aftakeling, waarbij sommige al dood zijn. Vermoedelijk door de aluminiumvergiftiging.

6. Herstelmaatregelen

6.1 Herstelmaatregelen

Bodemverbetering

Om de heide te verbeteren worden met een aantal factoren rekening gehouden. Allereerst worden de conclusies meegenomen en worden op deze aspecten ingespeeld. Verder wordt er gekeken naar de SNL waarderingen van het natuurtype. Deze waarden spelen ook mee in het aantal oppervlakte of de hoeveelheid elementen die worden hersteld.

Als eerste moet de bodem hersteld worden willen de ander maatregelen effect hebben. Is de bodem niet in orde kan de doelsituatie zich niet optimaal ontwikkelen. Voor het verbeteren van de bodem wordt steenmeel aangebracht. Naar aanleiding van het onderzoek van Bware op de Strabrechtse heide is Dolokal de meest geschikte vorm van steenmeel voor de droge heide. De is op de Strabrechtse heide aangebracht met 15% mg en 4 ton/Ha. Ook daalt de hoeveelheid beschikbare Al het meest en stijgt de pH het meest bij toediening van Dolokal. Verder blijkt dat Bioliet 100 of Bioliet 200 een goede aanvulling is op vlakken waar Dolokal minder invloed heeft. Het is niet aan te raden deze beide tegelijk toe te dienen aangezien de gevolgen hiervan nog niet onderzocht zijn. Ook is het aanbevolen een uitgebreide bodemanalyse te doen voor beter inzicht in de huidige situatie en de overeenkomsten met de Strabrechtse heide.

Het steenmeel wordt allereerst alleen aangebracht op de locaties waar herstelmaatregelen worden uitgevoerd (Heideakkers, heischraal grasland, kruidstroken). Deze vlakken dienen als proefvlakken voor de steenmeelgift. Bij gewenste resultaten kan altijd de volledige Gully worden bemest.

Voor het aanbrengen van steenmeel in de volledige Gully wordt aanbevolen om dit destijds met een zijwaartse verspreider te doen. Hierbij wordt voorkomen dat er over de heide moet worden gereden en er bodemverdichting plaatsvind. De breedte van de Gully is op zijn breedste punt 80 meter tussen 2 paden waardoor de aanbevolen werkbreedte van de strooier 40 meter is. Voordat er kalk over het volledige gebied wordt verspreid is het aanbevolen om een uitgebreide grondanalyse te laten doen voor het bevestigen van de hoeveelheid en de soort steenmeel.

Voor het bepalen van de hoeveelheid kalk die wordt aangebracht is aanbevolen een bodemanalyse uit te voeren. B-ware heeft al eerder analyses uitgevoerd in opdracht van Staatbosbeheer en deze methodiek is bij Staatsbosbeheer bekend. Een volledige analyse wordt sterk aanbevolen. Welke methodiek en welk bedrijf deze analyse gaat doen zal worden beslist door Staatsbosbeheer.

Heideakkers

In het gebied worden een drietal heideakkers aangelegd. Deze akkers worden ingezaaid met zomergewassoorten die in het najaar blijven staan. Dit zorgt voor een extra voedselbron voor vogels en kleine zoogdieren en tevens ook voor beschutting.(Bron SBB rapport)

Naast de graansoorten worden er in de randen ook akkerkruiden ingezaaid. In de gradiënt tussen akker en heide komen veel typische heidesoorten voor en deze worden hierdoor gestimuleerd. Het akkerkruidenmengsel wordt samengesteld en geleverd door Cruiydhoeck. Deze heeft inheemse, voorgemaakte zaadmengsel voor akkerkruiden

Voor het realiseren van de heideakker moeten de volgende werkzaamheden worden uitgevoerd:

- Verwijderen boomstronken (Akker 1 en 2) - Maaien van heide.
- Op rillen leggen van heide
- Grondbewerking
- Inkoop zaden cruiydthoeck
- Inzaaien

De Heideakkers zijn genummerd van 1-3 waarbij nummer 1 het meest in het westen ligt en 3 meest oosten. De oppervlakte van heideakker 1 en 2 is 1500 m2. De derde akker is 1400 m2

(Gelobte) Kruidstroken

Tussen de heideakkers en in verbindingszones worden stroken van breed 3 meter aangelegd. (machinebreed) Deze worden ingezaaid met een zaaimengsel G1 van Cruiydthoeck. Deze zorgen voor een grote opkomst aan kruidachtige planten zoals glad walstro, duizendblad en typsiche soorten voor de heide. Dit wordt gedaan om structuren in de heide te brengen, nectaraanbod te verbreden en waardplanten in te brengen voor vlinders, tevens bied dit mogelijkheid voor bijen en andere insecten en verbinding tussen heideakkers, defensie en Utrechts landschap. Dit verhoogd de diversiteit en aantrekkelijkheid voor vlinders en bevorderd migratie tussen heideterreinen.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen Gelobte kruidstroken en kruidstroken. Hierbij zijn de kruidstroken meanderende lange lengte van aaneengesloten stroken waarbij de gelobte kruidstroken worden aangebracht op plaatsten waar de heide slecht ontwikkeld is en hierdoor niet constant kan worden doorgetrokken.

De lengte van de kruidstroken in totaal is 335 meter waarbij de breedte niet groter mag zijn dan 3 meter. De lengte van gelobte kruidstroken is 700 meter waarbij om de 15-20 meter er een lob plaatsvind. De gemiddelde oppervlakte van een lob is 9m2 waarbij het totale oppervlakte op 300-400 m2 uitkomt.

Planten van Struwelen

Er worden typische hogere heidesoorten geïntroduceerd in de heide. Deze zijn nu afwezig en behoren als typische soorten van de heide. Het bevordert voedselaanbod voor vogels en vlinders (Bessen) en zorgt tevens voor beschutting en territoriale hoogtepunten voor vogels en vlinders. Door het hele gebied worden struwelen aangeplant met de volgende soorten:

- Jeneverbes (Juniperus communis)
- Bremsoorten: Brem (Cytisus scoparius), en stekelbrem
- Gagel (Myrica gale)
- Gaspeldoorn (Ulex europaeus)

Braam valt ook onder een goede waardplant voor insecten en tevens als nectarbron. De braam wordt niet mee ingeplant omdat deze soort al verspreid door de Gully voorkomt. Wel wordt er aanbevolen om een aantal braamstruwelen te laten opkomen en overjaren.

Binnen de Gully zijn 23 plaatsen aangewezen waar struwelen worden aangeplant. De grootte en hoeveelheid varieert per groep.

Steilkanten

Binnen de Gully worden steilkanten aangelegd. Hierbij wordt het natuurlijk reliëf recht afgestoken waardoor een steile kant wordt vrijgemaakt. Deze steilkanten worden op de zuidkant gericht voor de warme, zonrijke plekken. Steilkanten bieden een zeer geschikte woonplaats voor bijen en andere insecten. In het gebied worden op vijf plaatsen steilkanten aangelegd. De lengte en diepte van deze wallen mag variëren tussen 0,3-2 meter diepte en 0,5-3 meter lengte

Droog heischraal grasland stimuleren

Er wordt in het heideterrein een gebied aangewezen waarbij een nieuw type natuur wordt gestimuleerd namelijk het heischraal grasland. Hierbij wordt het beheer omgevormd van heide beheer naar grasland beheer. Bij de omvorming wordt een bronpopulatie ingezaaid voor het realiseren van een biodivers grasland. Het mengsel wordt opgesteld door Cruiydhoe ck. Dit zorgt voor een breder aanbod van soorten die op de heide zich niet zullen vormen. Voor het realiseren hiervan moeten de volgende werkzaamheden worden uitgevoerd.

- Steenmeel verspreiding - Stobben verwijderen.
- Maaien en op rillen leggen
- Grondbewerking
- Inzaaien

Naast de bovengenoemde methode wordt een tweede methode meegenomen in de maatregelen. Hierbij word door Staatsbosbeheer beslist welke methode het meest geschikt is. De tweede methode bevat de volgende maatregelen:

- Steenmeel verspreiding
- 2 stroken (Machinebreed) maaien en op rillen leggen
- Grondbewerking in deze stroken
- Inzaaien

Na het vrijmaken van de heide en de opkomst van kruidsoorten moet het beheer ook worden aangepast. Het volgende beheer moet jaarlijks uitgevoerd worden:

- drukbegrazing van schapen
- opslag verwijderen

Er is gekozen voor drukbegrazing met schapen in plaats van jaarlijks maaien omdat er op de Gully al een gestuurde schaapskudde jaarlijks loopt. Drukbegrazing houd in dat de kudde niet op het volledige grasland graast maar op delen hiervan. Hierdoor wordt het gefaseerd maaien nagebootst en ontstaat de meeste variatie in soorten. De bosopslag wordt al jaarlijks verwijdert in de Gully.

Er wordt verwacht dat het steenmeel de pH niet op een waarde van 5-6 krijgt. Als de pH niet hoog genoeg is kan er lavagruis worden geïntroduceerd. Dit gruis geeft extra mogelijkheden tot pH neutralisatie. Ook heeft dit gruis een positieve impact op de diversiteit van het heischraal grasland. (Zee, 2020)

Bosranden en overgang

Hierbij worden de bosranden vrijgemaakt, waardoor er verjonging mag en kan plaatsvinden in de randen van het bos. Deze zorgen voor beschutting voor meerdere soorten. Boomopslag is niet negatief maar moet wel zeer beperkt blijven. Het is een overgangszone waarbij houtachtige zoals brem, jeneverbes en verjonging kansen krijgen om zich te vormen. Open plekken in het bos zorgen ook voor betere opties voor vlinders. Deze gradient draagt bij aan SNL waarden en diversiteit in het gebied. Hier kan ook braam en grote brandnetel vormen (Waardplanten). Hierbij word langs de strakke grenzen tussen bos en hei ook een zaaimengsel ingezaaid voor ruige bosondergroei. De bosranden worden vrijgemaakt van bomen waarbij enkele bomen blijven staan en de ondergrond wordt bewerkt en ingezaaid. Hierbij is het belangrijk jaarlijks te maaien. Het zaaimengsel wordt samengesteld en geleverd door Cruiydthoeck. Hierbij leveren zij 2 mengsels aan, een voor de schaduwzijde en een voor de lichtzijde.

Met de bleswerkzaamheden zijn bomen al gelobt hiervoor is alleen het stimuleren van mantelvegetaties en ruigteopkomst nodig. de werkzaamheden hiervoor bevatten:

- Grondbewerking
- Inzaaien

Stimuleren van bomen op de heide.

Voor meer structuren in de heide worden globaal door het gebied bewust gekozen voor het laten opkomen van boomopslag. De plaatsen mogen willekeurig worden aangewezen zolang de opslag beperkt blijft (1-3 bomen). Deze jonge bomen zullen opgroeien en zorgen voor gradiënten in licht, water, voeding en strooisellagen. Bomen die in het heidebeeld passen zijn: Berken, Eiken en Grove dennen.

Aanbrengen van schelpenhopen

In het gebied worden op meerdere plekken zeeschelphopen gestort. Het is aangetoond dat deze schelphopen het kalkgebrek van koolmezen extreem verminderen. Bron:. Deze hopen geven door verwering ook een plaatselijke kalkgift in het gebied. Deze schelpen worden besteld van 123Natuurproducten, waarna ze bij Staatsbosbeheer vergruisd worden.

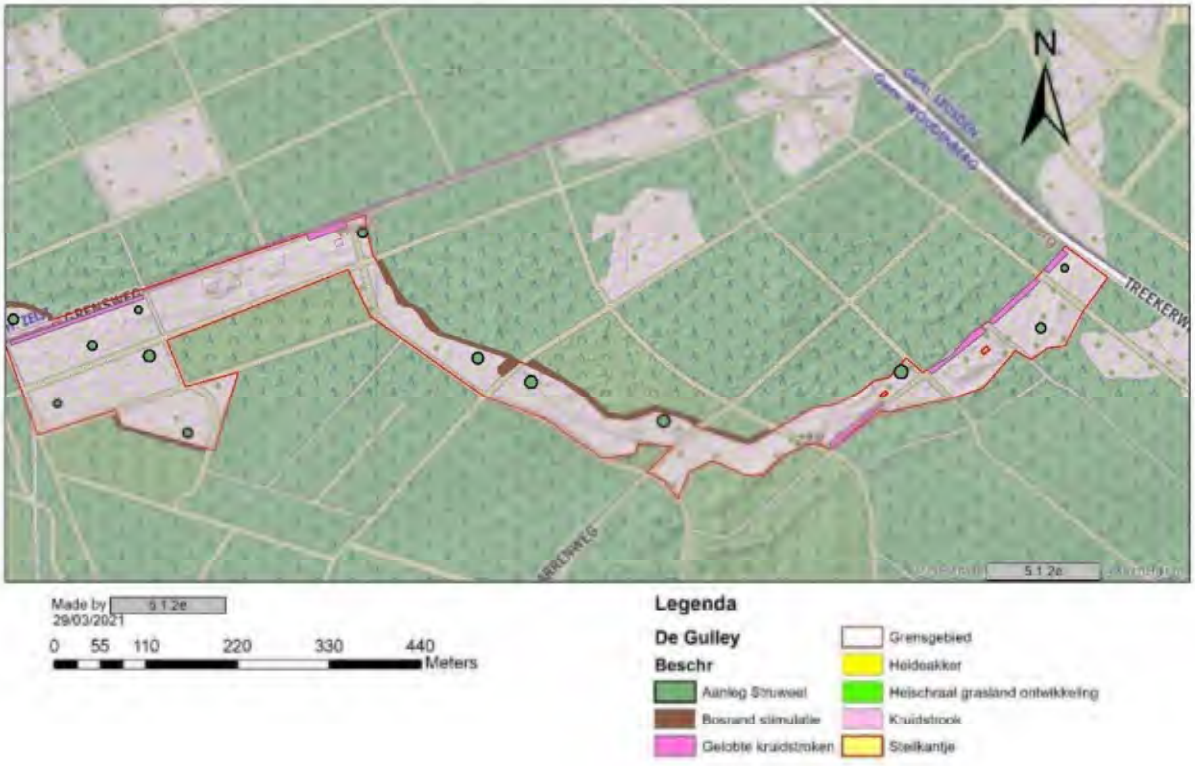
6.2 Locatie

De locatie van de werkzaamheden is hieronder weergeven (figuur 13) en in bijlage...

Herstelmaatregelen in de Gully

Figuur 13 (Herstelmaatregelen in de Gully)

Herstelmaatregelen in de Gully



6.4 Kostenschets

Hieronder zijn de kosten per maatregel opgesteld. De uitvoering van grondbewerking, bekalken, stronken verwijderen en inzaaien zal door Blauwendraad gedaan worden. Het aanplanten van struwelen zal door Staatsbosbeheer worden uitgevoerd. De kosten van de bodemanalyse zijn onbekend maar worden wel benoemd.

Cruydt-Hoeck

Voor de kosten van Cruydt-Hoeck staan de bedragen niet vooraf vast. Deze worden geschat aan de hand van de informatie die Cruydt-Hoeck heeft opgesteld.

Om goede zaadmengsel op te stellen, en als hierbij nieuwe zeldzame soorten worden geïntroduceerd, verwacht Cruydt-Hoeck een verklaring van genomen keuze. Ook moet hierbij rekening gehouden worden dat het materiaal van Nederlandse genetische kwaliteit is. Dit voorkomt menging van genen tussen buitenlandse soorten en Nederlandse soorten.

Wat betreft de kosten worden er twee opties opgesteld. Eenmaal een kostenschets voor het laten samenstellen van mengsel door Cruydt-Hoeck zelf en deze doen hierbij ook het voorafgaande onderzoek. (Interviews ecologen, vegetatieopnames analyseren) Als tweede schets word de keuze gemaakt om niet af te wijken van standaard zaadmengsel. Hierbij ontbreken veel specifieke soorten voor de heide, maar er is geen extra onderzoek nodig.

Voor een volledige samenstelling van soortenmengsels en onderzoek door Cruydt-Hoeck zijn de kosten €3140,-

Voor vast staande mengsel en geen voorafgaand onderzoek zijn de kosten €1600,-

Beide kostenberekeningen zijn opgenomen in bijlage 14.

Blauwendraat landbouwverzorging

Blauwendraad landbouwverzorging. voor aannemers offerte. 5.1.2e 5.1.2e

Struwelen aanleggen

Voor de kostenschets van de struwelen zijn allen de aanschafkosten van het plantgoed meegerekend. Het aanplanten van de soorten wordt gedaan door binnenwerk en deze kosten zijn niet meegenomen. De totale kosten voor de aanschaf is €405,-

De voorraad van Staatsbosbeheer is voor de aangevraagde soorten beperkt. Hierdoor zijn de maten voornamelijk kleiner dan aangevraagd.

6.5 Aanbeveling

Nadat deze maatregelen zijn uitgevoerd is het van belang jaarlijks te monitoren. Door het te blijven monitoren kan snel worden bepaald of de huidige maatregelen het juiste effect hebben. Hiernaast kan ook beter en sneller worden ingegrepen mochten andere problemen zich voordoen.

Naast het monitoren wordt aanbevolen verbindingen tussen de nabijgelegen gebieden te verbe teren. Hier gaat het voornamelijk over de verbinding tussen Utrechts landschap en de Gully. Deze verbinding is nu minimaal en voor een betere migratiekans of uitwisseling van soorten is een betere verbinding nodig.

Bibliografie

Aukema, B. F. (2005). *Nieuwe en interresante Nederlandse wantsen.* Onbekend: Nederlandse Faunistische Mededelingen .

Bakker, W. L. (1990). *Bodemkunde van Nederland.* Den Bosch: Malmberg.

Bij12. (2020). Opgehaald van Natuurtypen: https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-enlandschap/index-natuur-en-landschap/natuurtypen/

DEFORCE, J. B. (sd). *Geschiedenis van de heide* . Brussel: Natuur.focus. Opgehaald van GeologievanNederland.

Dobben, G. W. (1996). *Schatting van responsies van soorten op de milieufactoren vocht, pH en macronutriënten: een aanzet tot calibratie van Ellenberg's indicatiewaarden.* Wageningen: De Haaff.

eije, H. R. (2016). *Herstelstrategie Droge heiden.* Ministerie LNV.

ETI, bioinformatics. (2021, Maart 24). *Soortenbank* . Opgehaald van Sikkelsprinkhaan : SoortenBank.nl : Sikkelsprinkhaan - Phaneroptera falcata

J.H.J Schaminée, V. A. (1995). *De analystische fase van het vegetatieonderzoek* . uppsala: Opulus press.

Ministerie van Landbouw, N. e. (2008, Sep 1). *Natura 2000* . Opgehaald van Profielen : https://www.natura2000.nl/sites/default/files/profielen/Habitattypen_profielen/Profiel_habitattype_4030.pdf

Ministerie van Landbouw, N. e. (2008, Sep 1). *Profielen* . Opgehaald van Natura 2000: https://www.natura2000.nl/profielen/habitattypen

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. (2021, Februari 24). *Beschermde natuur in Nederland*. Opgehaald van Nederlandsesoorten: https://minez.nederlandsesoorten.nl/content/rode-lijsten

Ministerie van LNV. (2021, Maart 24). *Heideblauwtje*. Opgehaald van Beschermde natuur in nederland: soorten en gebieden in wetgeving en beleid: Heideblauwtje (Plebeius argus ssp. argus) | Beschermde natuur in Nederland (nederlandsesoorten.nl) R.H. Kemmers, S. v. (2011). *De Landschapsleutel.* Wageningen: Alterra .

Rijksoverheid. (2012, Juni 29). *Heide- hoogveenareaal 2008* . Opgehaald van CLO: https://www.clo.nl/indicatoren/nl113302-areaal-heide-en-hoogveen#:~:text=De%20grootste%20afname%20van%20de,)%2C%20exclusief%20hoogveen%20en%20stuifzanden.

RVO. (2014). *Levendbarende Hagedis.* Zwolle: RVO.

Schelling, H. d. (1966). *Systeem van bodemclassificatie voor Nederland.* Wageningen: Pudoc.

TNO Geologische dienst Nederland . (2010, Maart 15). *ondergrondgegevens*. Opgehaald van DINOloket: https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens

Vlinderstichting . (2021, Maart 24). *Alle vlinders*. Opgehaald van Vlinderstichting : https://www.vlinderstichting.nl/vlinders/overzicht-vlinders

Wingerden, W. v. (2015). *Sikkelsprinkhaan*. onbekend: Onbekend.

Zee, F. v. (2020). *Meer soorten op de hei: red het heischraal grasland*. Zeist: VBNE, OBN.

Bijlagen

Bijlage 1: De projectgebiedsgrenzen van de Gully

Locatie van heidecorridor De Gully

b. Typische soorten:

H4030 Droge heiden

Nederlandse naam	*Wetenschappelijke naam*	Soortgroep	Categorie[1]
Groentje	*Callophrys rubi*	Dagvlinders	Cb
Heideblauwtje	*Plebeius argus ssp. argus*	Dagvlinders	Cab
Heivlinder	*Hipparchia semele ssp. semele*	Dagvlinders	K
Kommavlinder	*Hesperia comma*	Dagvlinders	K
Vals heideblauwtje	*Plebeius idas ssp. idas*	Dagvlinders	K *
Kronkelheidestaartje	*Cladonia subulata*	Korstmossen	Ca
Open rendiermos	*Cladina portentosa*	Korstmossen	Ca
Rode heidelucifer	*Cladonia floerkeana*	Korstmossen	Ca

[1] Ca = constante soort goede abiotische toestand; Cb = constante soort goede biotische structuur; Cab = constante soort goede abiotische toestand en goede biotische structuur; K = karakteristieke soort; E = exclusieve soort. * = in Rode Lijst opgenomen als verdwenen (VN).

[redacted]

Nederlandse naam	*Wetenschappelijke naam*	Soortgroep	Categorie[1]
Gekroesd gaffeltandmos	*Dicranum spurium*	Mossen	K
Glanzend tandmos	*Barbilophozia barbata*	Mossen	K
Kaal tandmos	*Barbilophozia kunzeana*	Mossen	K
Levendbarende hagedis	*Lacerta vivipara ssp. vivipara*	Reptielen	Cab
Zandhagedis	*Lacerta agilis ssp. agilis*	Reptielen	K
Blauwvleugelsprinkhaan	*Oedipoda caerulescens*	Sprinkhanen & krekels	K
Wrattenbijter	*Decticus verrucivorus*	Sprinkhanen & krekels	K
Zadelsprinkhaan	*Ephippiger ephippiger ssp. vitium*	Sprinkhanen & krekels	K
Zoemertje	*Stenobothrus lineatus*	Sprinkhanen & krekels	K
Klein warkruid	*Cuscuta epithymum*	Vaatplanten	K
Kleine schorseneer	*Scorzonera humilis*	Vaatplanten	K
Kruipbrem	*Genista pilosa*	Vaatplanten	K
Rode dophei	*Erica cinerea*	Vaatplanten	K
Stekelbrem	*Genista anglica*	Vaatplanten	K + Ca
Boomleeuwerik	*Lullula arborea ssp. arborea*	Vogels	Cab
Klapekster	*Lanius excubitor ssp. excubitor*	Vogels	K
Roodborsttapuit	*Saxicola torquata ssp. rubicola*	Vogels	Cb
Veldleeuwerik	*Alauda arvensis ssp. arvensis*	Vogels	Cab

c. Overige kenmerken van een goede structuur en functie:

- Dominantie van dwergstruiken (> 25%);
- Aanwezigheid van hoge, oude heidestruiken;
- Gevarieerde vegetatiestructuur;
- Lage bedekking van grassen (< 25%) en struweel (< 10%);
- Optimale functionele omvang: vanaf tientallen hectares.

Ten opzichte van habitattype H2310 kan de bodem iets voedselrijker zijn, bijvoorbeeld op lemige bodem komt dat voor. Dit is echter niet altijd het geval, bijvoorbeeld op tertiaire zanden is het niet zo. In het beheer dient zoveel mogelijk rekening gehouden te worden met de gewenste bodemcondities en een open vegetatiestructuur. Het achterwege blijven van beheer kan leiden tot verbossing en, in combinatie met vermesting/verzuring, tot vergrassing van de heide.

Bijlage 3: Vegetatieformulier

Formulier vegetatie-opname

Namen:	
Datum:	
Gebiedsnaam	
Locatie	
X coordinaat	
Y coordinaat	
Oppervlakte (m²)	

* bedekking/abundantie Braun-Blanquet		
r	< 5 %	een enkel individu
+	< 5 %	weinig ind(< 20)
1	< 5 %	ind talrijk
2m	< 5 %	ind zeer talrijk (> 100)
2a	5 - 12.5 %	
2b	12.5 - 25 %	
3	25 - 50 %	
4	50 - 75 %	
5	75 - 100%	

Bedekking:	%
Totaal	
Boomlaag	
Struiklaag	
Kruidlaag	
Moslaag	

Hoogte	min.	gemiddeld	max.
Boomlaag (in m)			
Struiklaag (in m)			
Kruidlaag (in cm)			

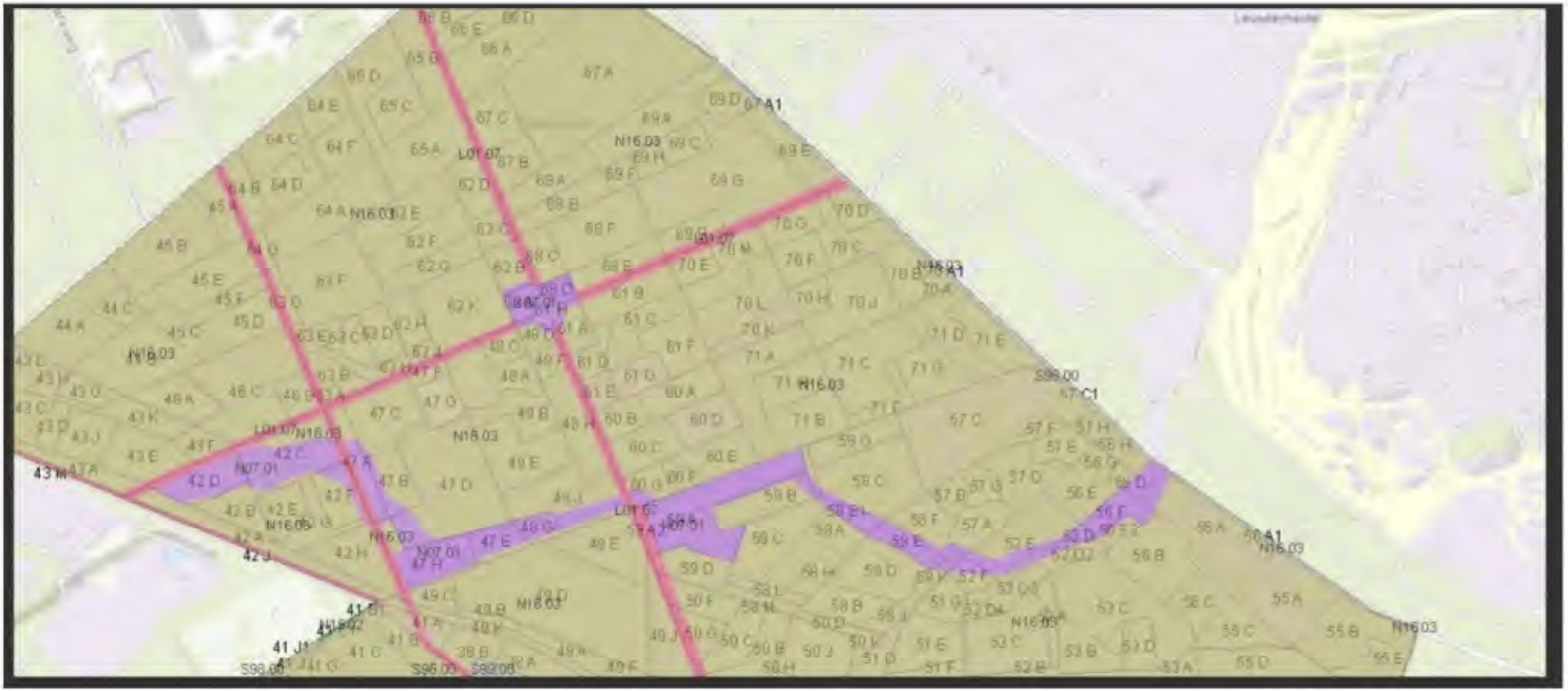
Beheervorm	
Opmerking:	

Plantensoorten

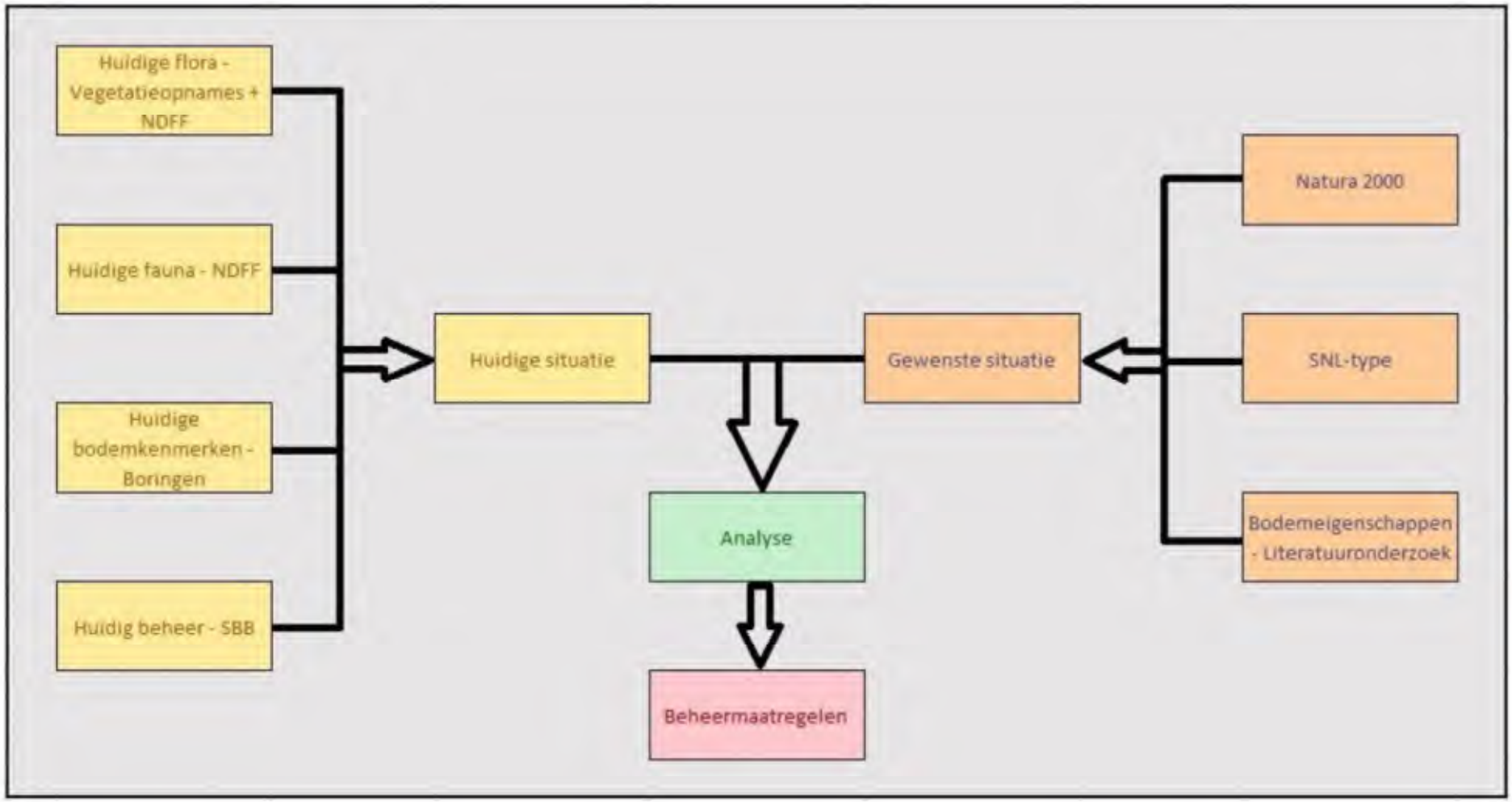
Nederlandse naam	*code Br-Bl**	*Wetenschappelijke naam*

Boringnummer	Locatie	Beschrijving	Bodemsoort	Overige eigenschappen

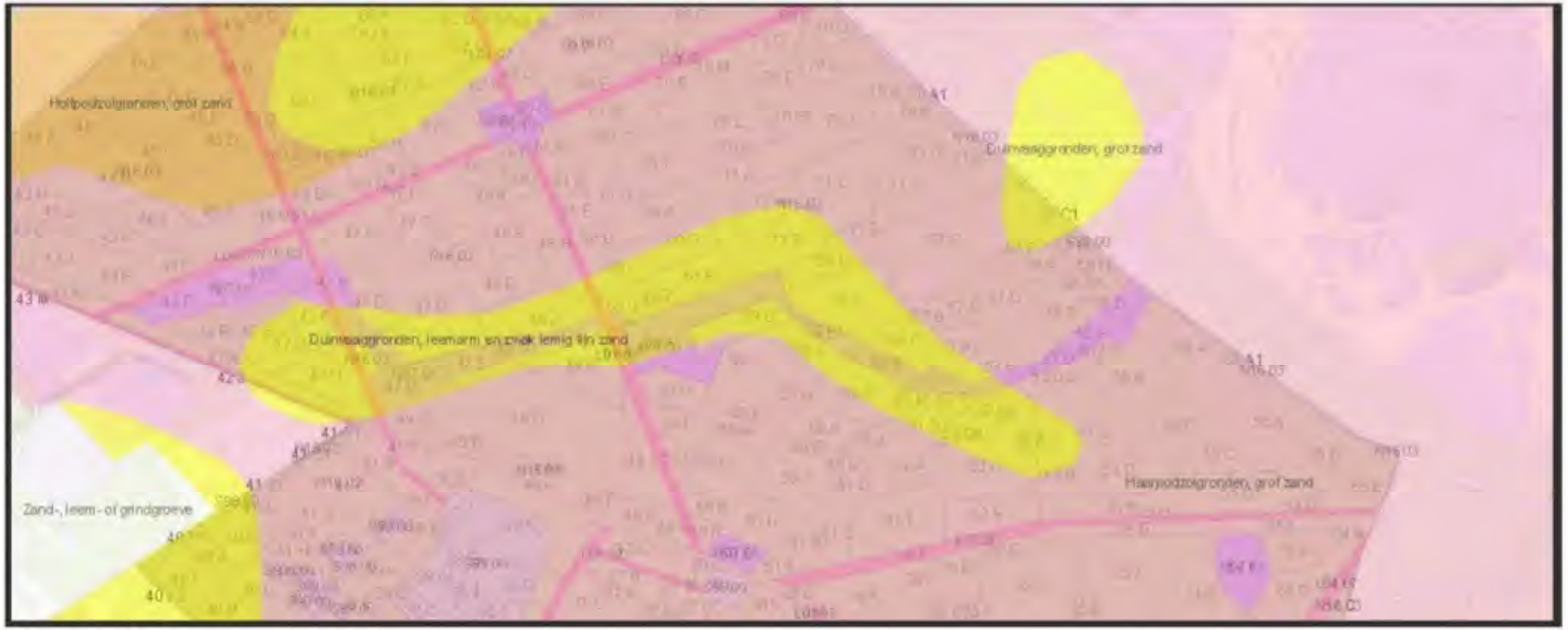
Bijlage 5: SNL-Type kaart van SBB



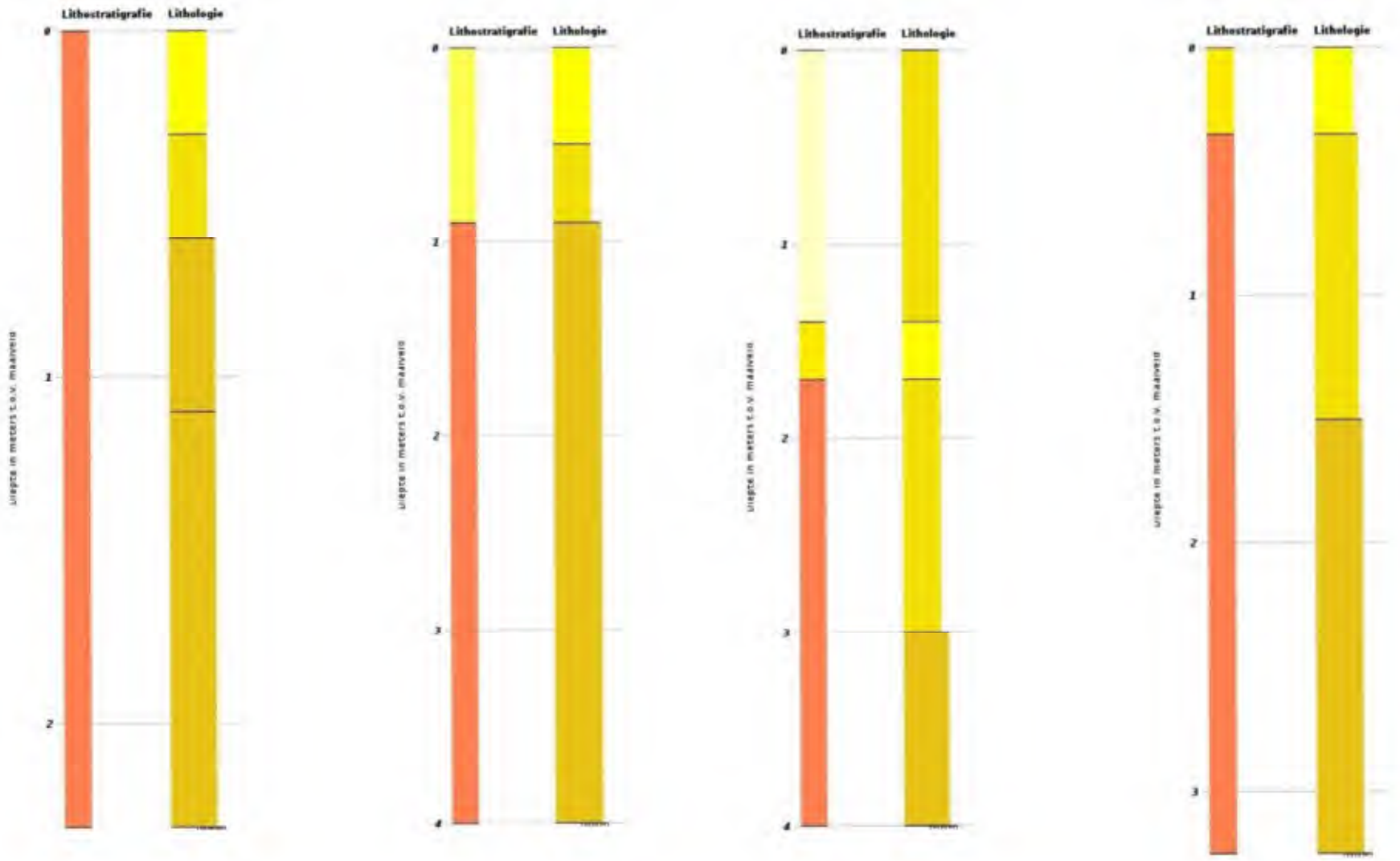
Bijlage 6: Stappenplan

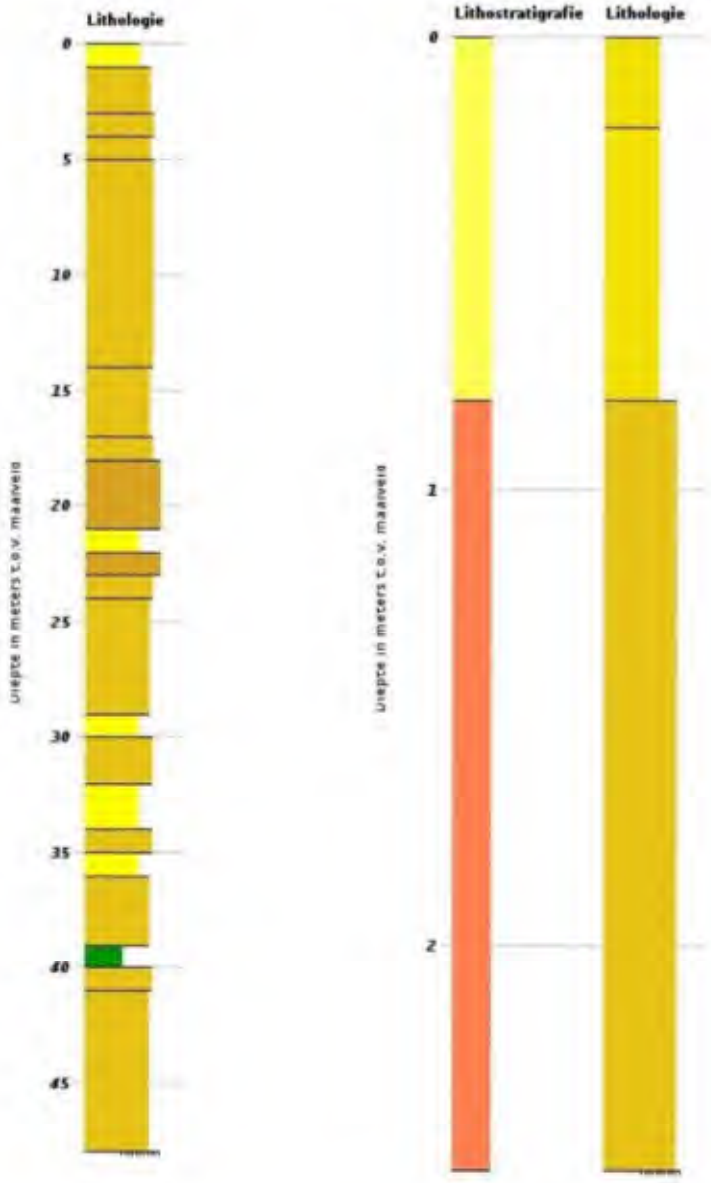


Bijlage 7: Bodemtype van de Gully



Bijlage 8a: Boringen van dinoloket


Lithostratigrafie
Lithologie
diepte in meters t.o.v. maaiveld
0
1
2
Lithostratigrafie
Lithologie
diepte in meters t.o.v. maaiveld
0
1
2
3
4
Lithostratigrafie
Lithologie
diepte in meters t.o.v. maaiveld
0
1
2
3
4
Lithostratigrafie
Lithologie
diepte in meters t.o.v. maaiveld
0
1
2
3


Lithologie
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
Diepte in meters t.o.v. maaiveld
Lithostratigrafie
Lithologie
0
1
2
Diepte in meters t.o.v. maaiveld

Bijlage 8b: pH metingen van de bodemmonsters

Bodemplaats	Bodemmonster	Opmerkingen plaats	Opmerkingen bodem	Metingen	Metingen met zout correctie
Aus 1	Steek 1	Defensie	Duinvaaggrond	4,56	3,57
	Steek 2	Defensie	Duinvaaggrond	4,57	3,92
	Steek 1	Defensie	Holtpodzolgrond	4,80	4,07
	Steek 2	Defensie	Holtpodzolgrond		
Aus 2	Steek 1		Duinvaaggrond	4,46	3,91
	Steek 2		extreem grof zand	5,76	4,85
	Steek 1		Holtpodzolgrond	4,07	3,33
	Steek 2		Holtpodzolgrond	4,86	4,17
Aus 3	Steek 1	Erf puin	Aangebracht	6,45	5,65
	Steek 2	Erf puin	Aangebracht	6,73	5,93
Aus 4	Steek 1	Dode eiken		3,82	3,30
	Steek 2	Dode eiken		4,92	4,26
Aus 5	Steek 1			3,91	3,37
	Steek 2			4,98	4,48
Aus 6	Steek 1	grote veld		4,15	3,55
	Steek 2	grote veld		4,67	3,95
Aus 7	Steek 1			4,81	3,84
	Steek 2			4,55	4,2
Aus 8	Steek 1	hoek, begin		4,86	3,92
	Steek 2	hoek, begin		4,2	4,16
Aus 9	Steek 1	begin slechte deel		4,47	3,59
	Steek 2	begin slechte deel		4,25	3,91
Aus 10	Steek 1			4,37	3,74
	Steek 2			4,4	3,83
Aus 11	Steek 1			3,66	2,95
	Steek 2			3,90	3,19
			Gemiddelde:	4,65	3,9856

Bijlage 8c: Locaties van de bodemboringen

Locatie van bodemboringen

0 0,125 0,25 0,5 0,75 1 Kilometers

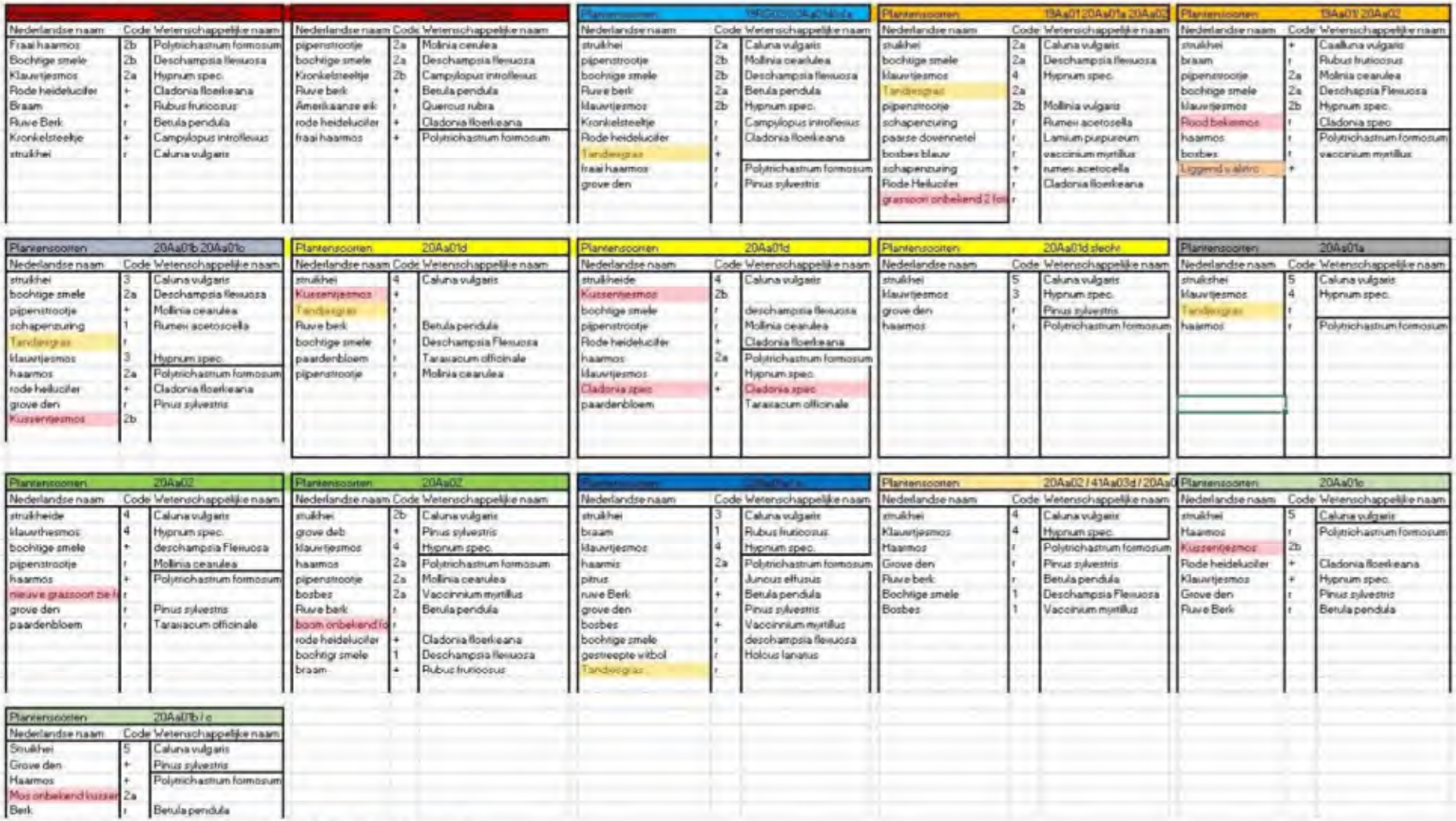
Made by: 5.1.2e

26/03/2021

Legenda

- Boringenpoints

Bijlage 9: Vegetatieopnames



Nederlandse naam	Code	Wetenschappelijke naam
Fraai haarmos	2b	Polytrichastrum formosum
Bochtige smele	2b	Deschampsia flexuosa
Klauwtjesmos	2a	Hypnum spec.
Rode heideluciefer	+	Cladonia floerkeana
Braam	+	Rubus fruticosus
Ruwe Berk	r	Betula pendula
Kronkelsteeltje	+	Campylopus introflexus
struikhei	r	Caluna vulgaris

Nederlandse naam	Code	Wetenschappelijke naam
pijpenstrootje	2a	Molinia cerulea
bochtige smele	2a	Deschampsia flexuosa
Kronkelsteeltje	2b	Campylopus introflexus
Ruwe berk	+	Betula pendula
Amerikaanse eik	r	Quercus rubra
rode heideluciefer	+	Cladonia floerkeana
fraai haarmos	+	Polytrichastrum formosum

Nederlandse naam	Code	Wetenschappelijke naam
struikhei	2a	Caluna vulgaris
pijpenstrootje	2b	Mollinia cearulea
bochtige smele	2b	Deschampsia flexuosa
Ruwe berk	2a	Betula pendula
klauwtjesmos	2b	Hypnum spec.
Kronkelsteeltje	r	Campylopus introflexus
Rode heideluciefer	r	Cladonia floerkeana
Tandjesgras	+	
fraai haarmos	r	Polytrichastrum formosum
grove den	r	Pinus sylvestris

Nederlandse naam	Code	Wetenschappelijke naam
struikhei	2a	Caluna vulgaris
bochtige smele	2a	Deschampsia flexuosa
klauwtjesmos	4	Hypnum spec.
Tandjesgras	2a	
pijpenstrootje	2b	Mollinia vulgaris
schapenzuring	r	Rumex acetosella
paarse dovennetel	r	Lamium purpureum
bosbes blauw	r	vaccinium myrtillus
schapenzuring	+	rumex acetocella
Rode Heideluciefer	r	Cladonia floerkeana
grassoort onbekend 2 fot	r	

Nederlandse naam	Code	Wetenschappelijke naam
struikhei	+	Caallluna vulgaris
braam	r	Rubus fruticosus
pijpenstrootje	2a	Molinia cearulea
bochtige smele	2a	Deschapsia Flexuosa
klauwtjesmos	2b	Hypnum spec.
Rood bekermos	r	Cladonia spec
haarmos	r	Polytrichastrum formosum
bosbes	r	vaccinium myrtillus
Liggend wilstro	+	

Nederlandse naam	Code	Wetenschappelijke naam
struikhei	3	Caluna vulgaris
bochtige smele	2a	Deschampsia flexuosa
pijpenstrootje	+	Mollinia cearulea
schapenzuring	1	Rumex acetosella
Tandjesgras	r	
klauwtjesmos	3	Hypnum spec.
haarmos	2a	Polytrichastrum formosum
rode heideluciefer	+	Cladonia floerkeana
grove den	r	Pinus sylvestris
Kussentjesmos	2b	

Nederlandse naam	Code	Wetenschappelijke naam
struikhei	4	Caluna vulgaris
Kussentjesmos	+	
Tandjesgras	r	
Ruwe berk	r	Betula pendula
bochtige smele	r	Deschampsia Flexuosa
paardenbloem	r	Taraxacum officinale
pijpenstrootje	r	Molinia cearulea

Nederlandse naam	Code	Wetenschappelijke naam
struikheide	4	Caluna vulgaris
Kussentjesmos	2b	
bochtige smele	r	deschampsia flexuosa
pijpenstrootje	r	Mollinia cearulea
Rode heideluciefer	+	Cladonia floerkeana
haarmos	2a	Polytrichastrum formosum
klauwtjesmos	r	Hypnum spec.
Cladonia spec	+	Cladonia spec
paardenbloem		Taraxacum officinale

Nederlandse naam	Code	Wetenschappelijke naam
struikhei	5	Caluna vulgaris
klauwtjesmos	3	Hypnum spec.
grove den	r	Pinus sylvestris
haarmos	r	Polytrichastrum formosum

Nederlandse naam	Code	Wetenschappelijke naam
struikhei	5	Caluna vulgaris
klauwtjesmos	4	Hypnum spec.
Tandjesgras	r	
haarmos	r	Polytrichastrum formosum

Nederlandse naam	Code	Wetenschappelijke naam
struikheide	4	Caluna vulgaris
klauwthesmos	4	Hypnum spec.
bochtige smele	+	deschampsia Flexuosa
pijpenstrootje	r	Mollinia cearulea
haarmos	+	Polytrichastrum formosum
nieuwe grassoort be h	r	
grove den	r	Pinus sylvestris
paardenbloem	r	Taraxacum officinale

Nederlandse naam	Code	Wetenschappelijke naam
struikhei	2b	Caluna vulgaris
grove deb	+	Pinus sylvestris
klauwtjesmos	4	Hypnum spec.
haarmos	2a	Polytrichastrum formosum
pijpenstrootje	2a	Mollinia cearulea
bosbes	2a	Vaccinium myrtillus
Ruwe berk	r	Betula pendula
boom onbekend fo	r	
rode heideluciefer	+	Cladonia floerkeana
bochtige smele	1	Deschampsia flexuosa
braam	+	Rubus fruticosus

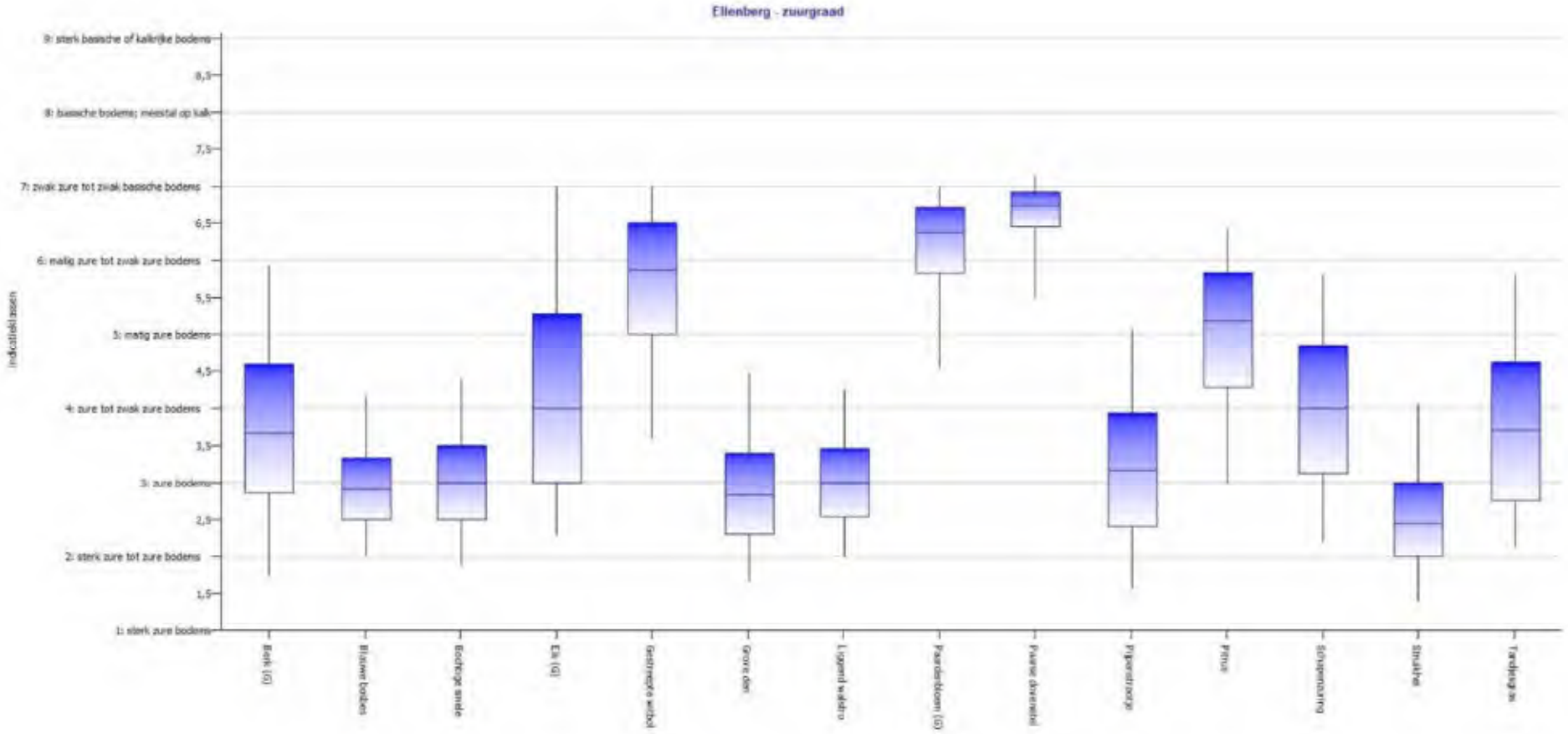
Nederlandse naam	Code	Wetenschappelijke naam
struikhei	3	Caluna vulgaris
braam	1	Rubus fruticosus
klauwtjesmos	4	Hypnum spec.
haarmis	2a	Polytrichastrum formosum
pitrus	r	Juncus effusus
ruwe Berk	+	Betula pendula
grove den	r	Pinus sylvestris
bosbes	+	Vaccinium myrtillus
bochtige smele	r	deschampsia flexuosa
gestreepte witbol	r	Holcus lanatus
Tandjesgras	r	

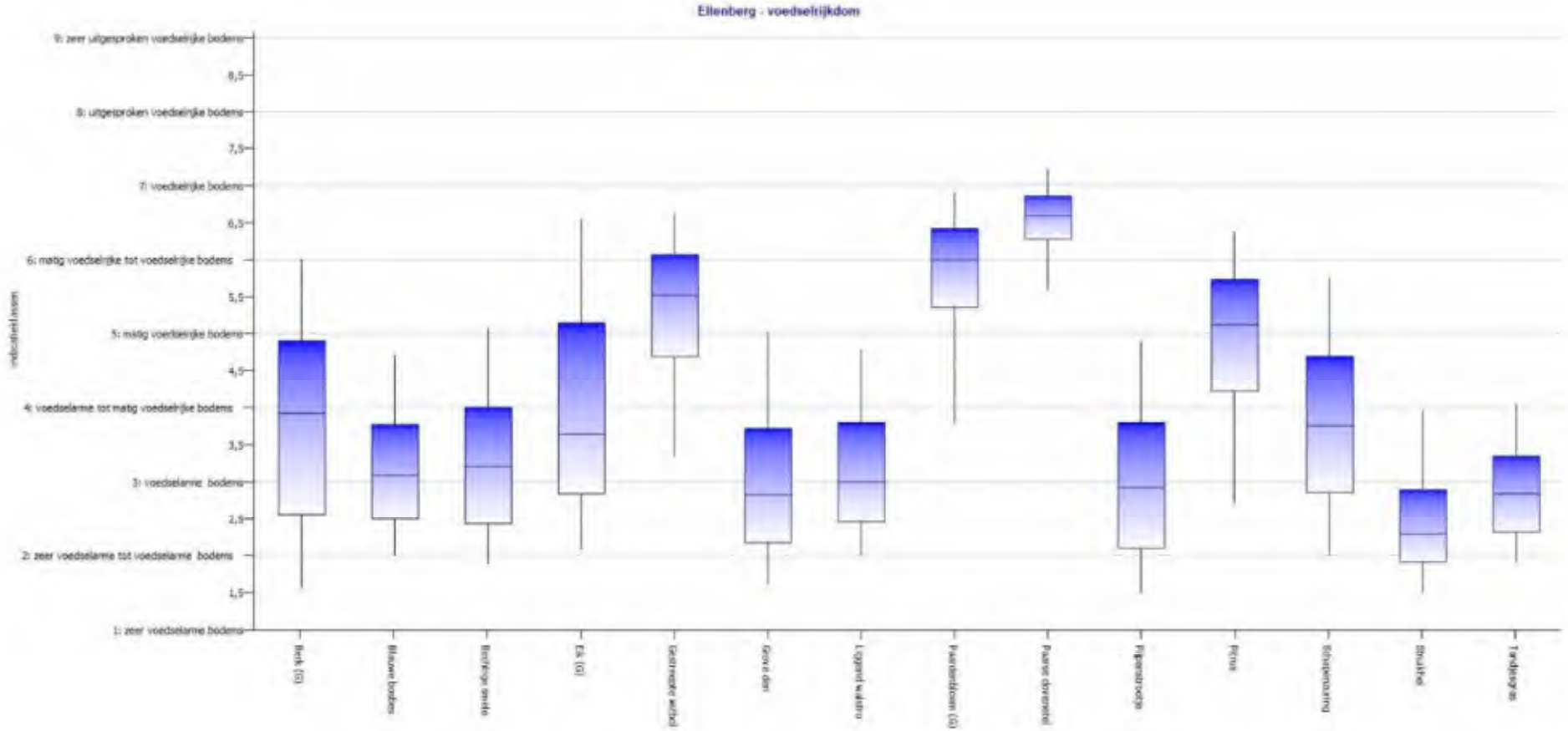
Nederlandse naam	Code	Wetenschappelijke naam
struikhei	4	Caluna vulgaris
Klauwtjesmos	4	Hypnum spec.
Haarmos	r	Polytrichastrum formosum
Grove den	r	Pinus sylvestris
Ruwe berk	r	Betula pendula
Bochtige smele	1	Deschampsia Flexuosa
Bosbes	1	Vaccinium myrtillus

Nederlandse naam	Code	Wetenschappelijke naam
struikhei	5	Caluna vulgaris
Haarmos	r	Polytrichastrum formosum
Kussentjesmos	2b	
Rode heideluciefer	+	Cladonia floerkeana
Klauwtjesmos	+	Hypnum spec.
Grove den	r	Pinus sylvestris
Ruwe Berk	r	Betula pendula

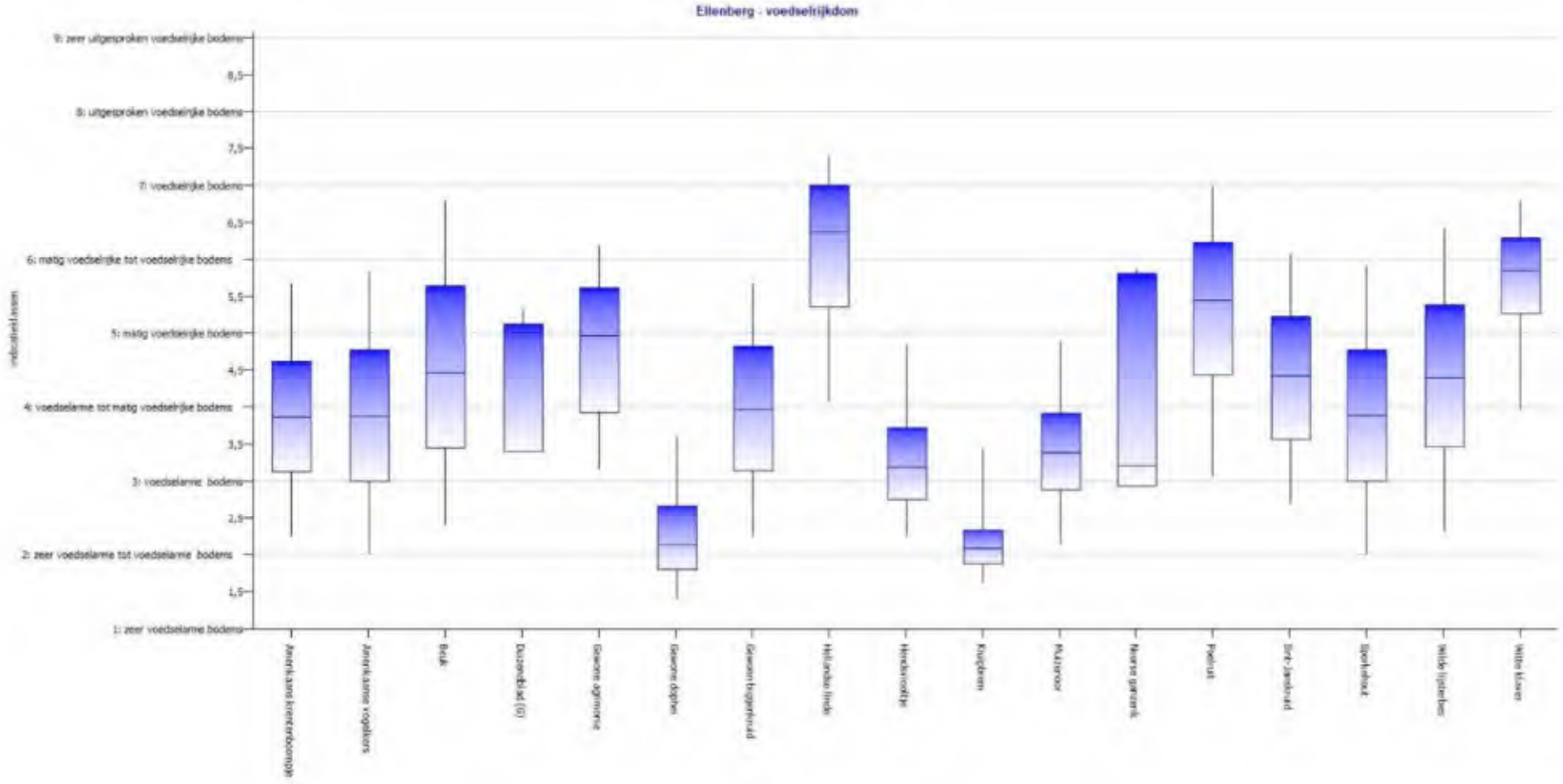
Nederlandse naam	Code	Wetenschappelijke naam
Struikhei	5	Caluna vulgaris
Grove den	+	Pinus sylvestris
Haarmos	+	Polytrichastrum formosum
Mos onbekend kussen	2a	
Berk	r	Betula pendula

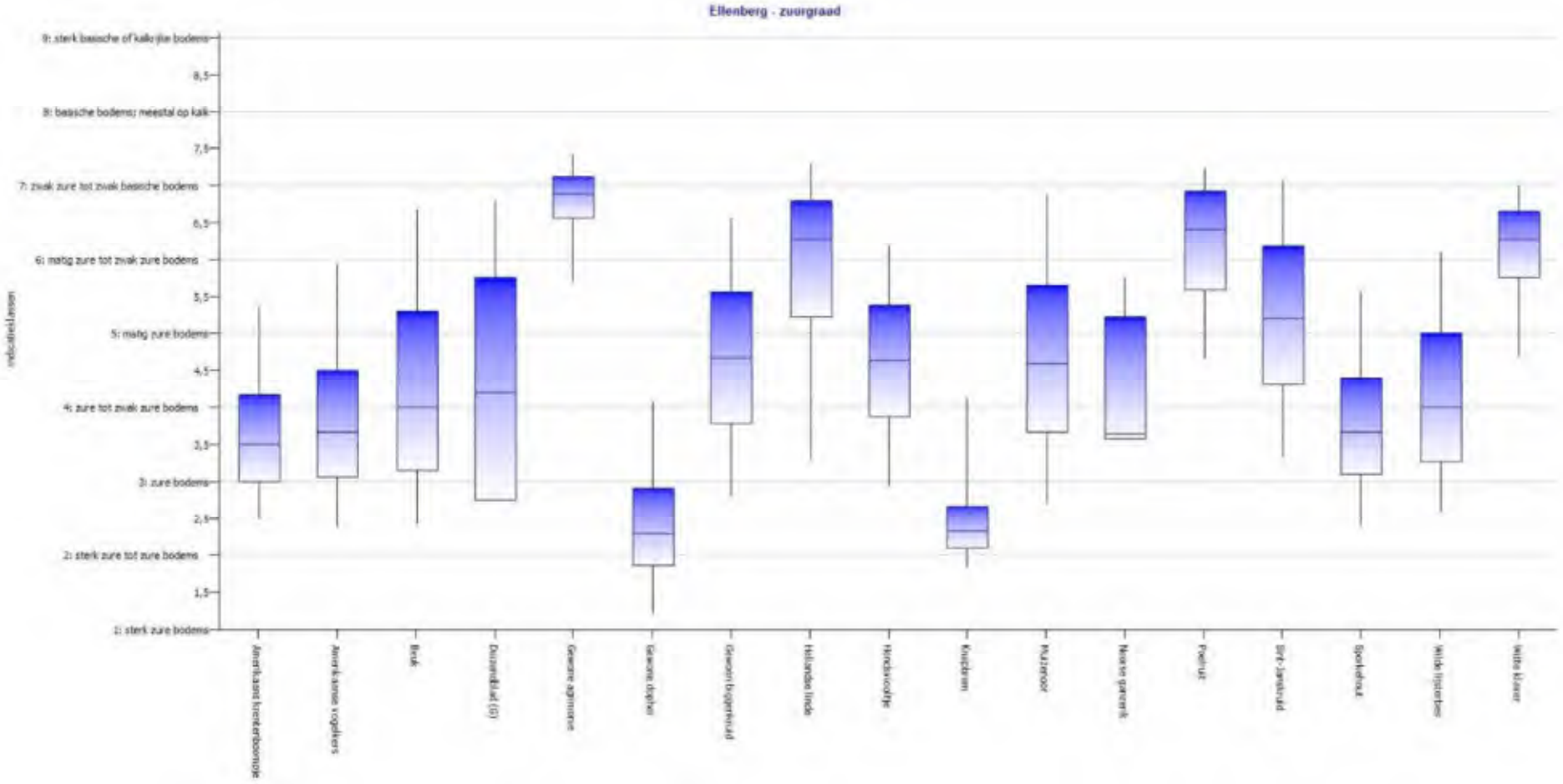
Bijlage 10: Ellenberg analyse van de huidige situatie


Ellenberg - zuurgraad
indicatiekl.zuren
9: sterk basische of kalkrijke bodems
8,5
8: basische bodems; meestal op kalk
7,5
7: zwak zure tot zwak basische bodems
6,5
6: matig zure tot zwak zure bodems
5,5
5: matig zure bodems
4,5
4: zure tot zwak zure bodems
3,5
3: zure bodems
2,5
2: sterk zure tot zure bodems
1,5
1: sterk zure bodems
Berk (G)
Blauwe bosbes
Bochtige smele
Els (G)
Gestreepte witbol
Grove den
Liggend walkru
Paardenbloem (G)
Paarse dovenetel
Pijpenstrootje
Pitrus
Schijnvossestaart
Struikhei
Tandjesgras

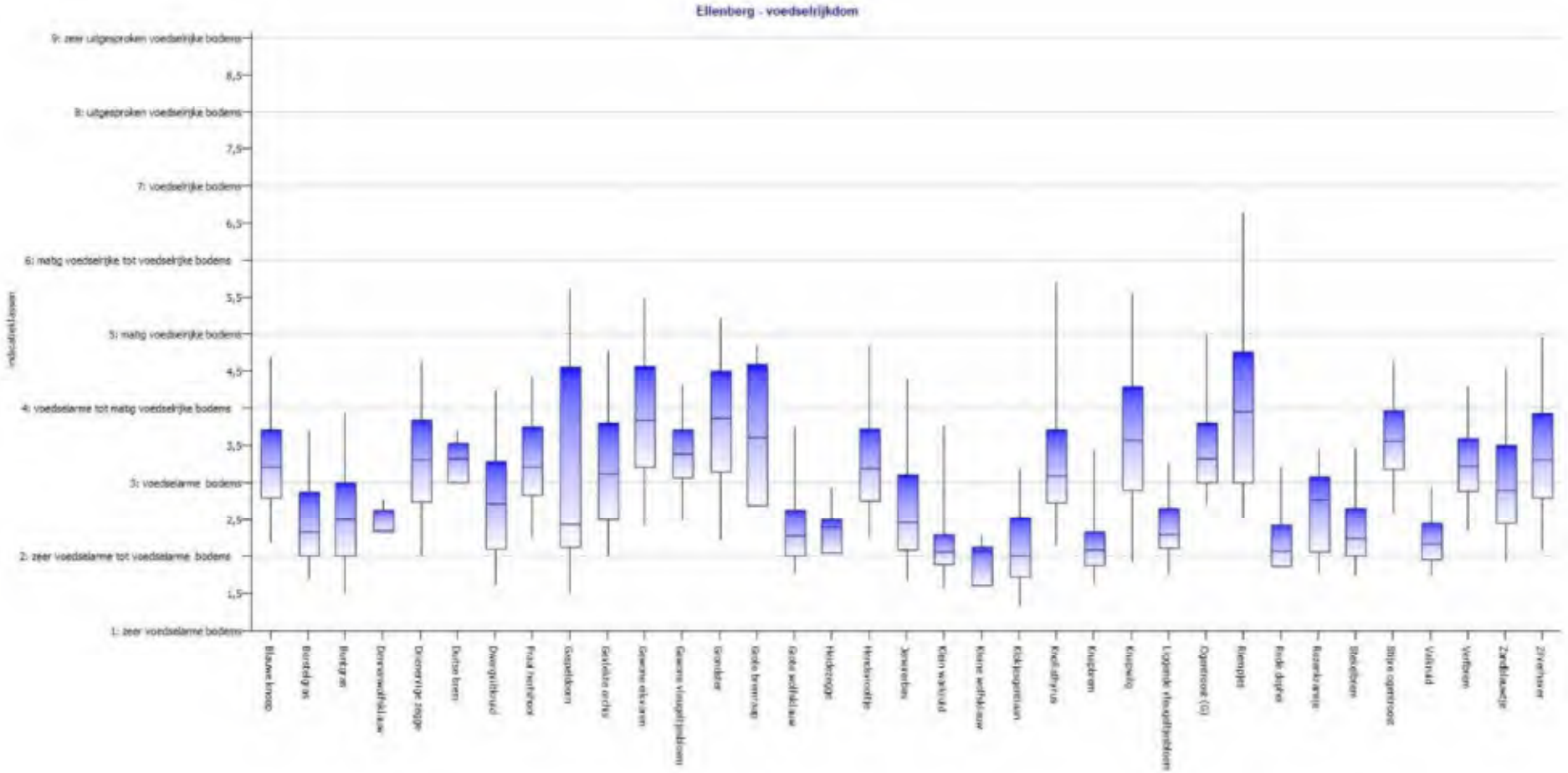


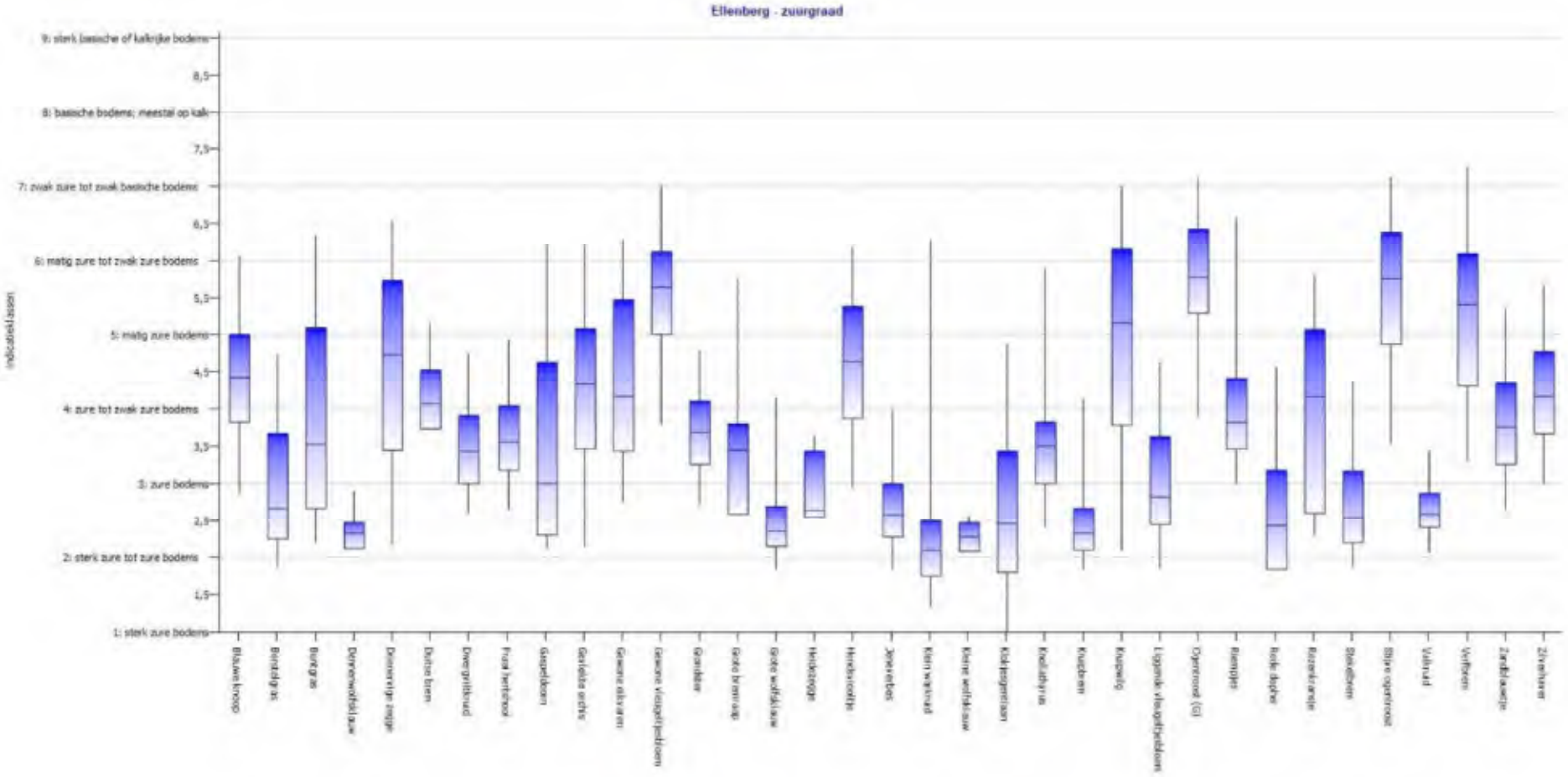
Bijlage 11: Ellenberg analyse van de ontbrekende soorten


Ellenberg - voedselrijkdom
indicatiewaarden
9: zeer uitgesproken voedselrijke bodems
8,5
8: uitgesproken voedselrijke bodems
7,5
7: voedselrijke bodems
6,5
6: matig voedselrijke tot voedselrijke bodems
5,5
5: matig voedselarme bodems
4,5
4: voedselarme tot matig voedselrijke bodems
3,5
3: voedselarme bodems
2,5
2: zeer voedselarme tot voedselarme bodems
1,5
1: zeer voedselarme bodems
Amerikaanse krentenboompje
Amerikaanse vogelkers
Beuk
Duizendblad (G)
Gewone agrimonie
Gewone dopheide
Gewoon hoppenkruid
Hollandse linde
Hondsroosfamilie
Kruipbeen
Mukronoor
Noorse gaffeltak
Pioenrat
Sint-Janskruid
Sporkehout
Witte lijsterbes
Witte klaver

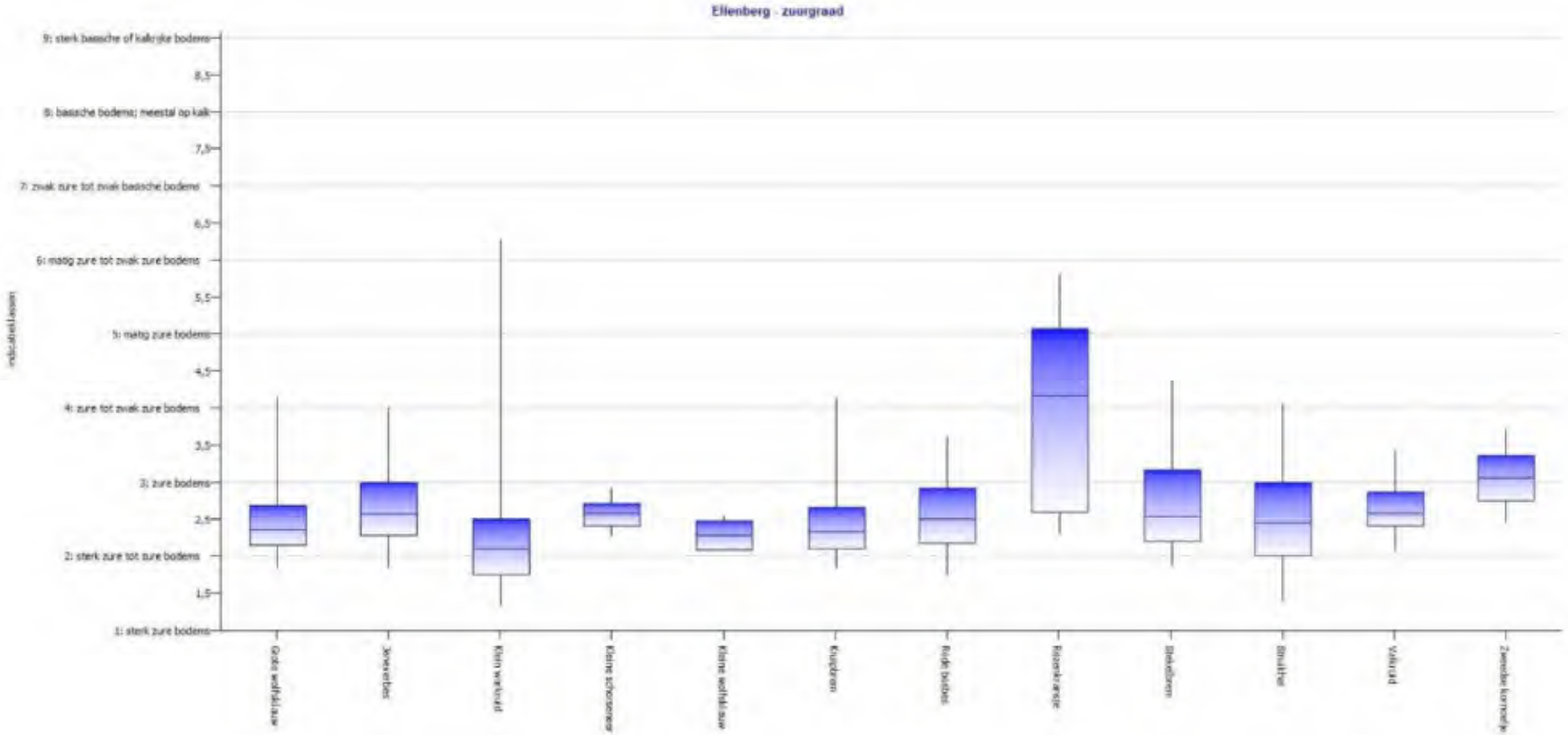


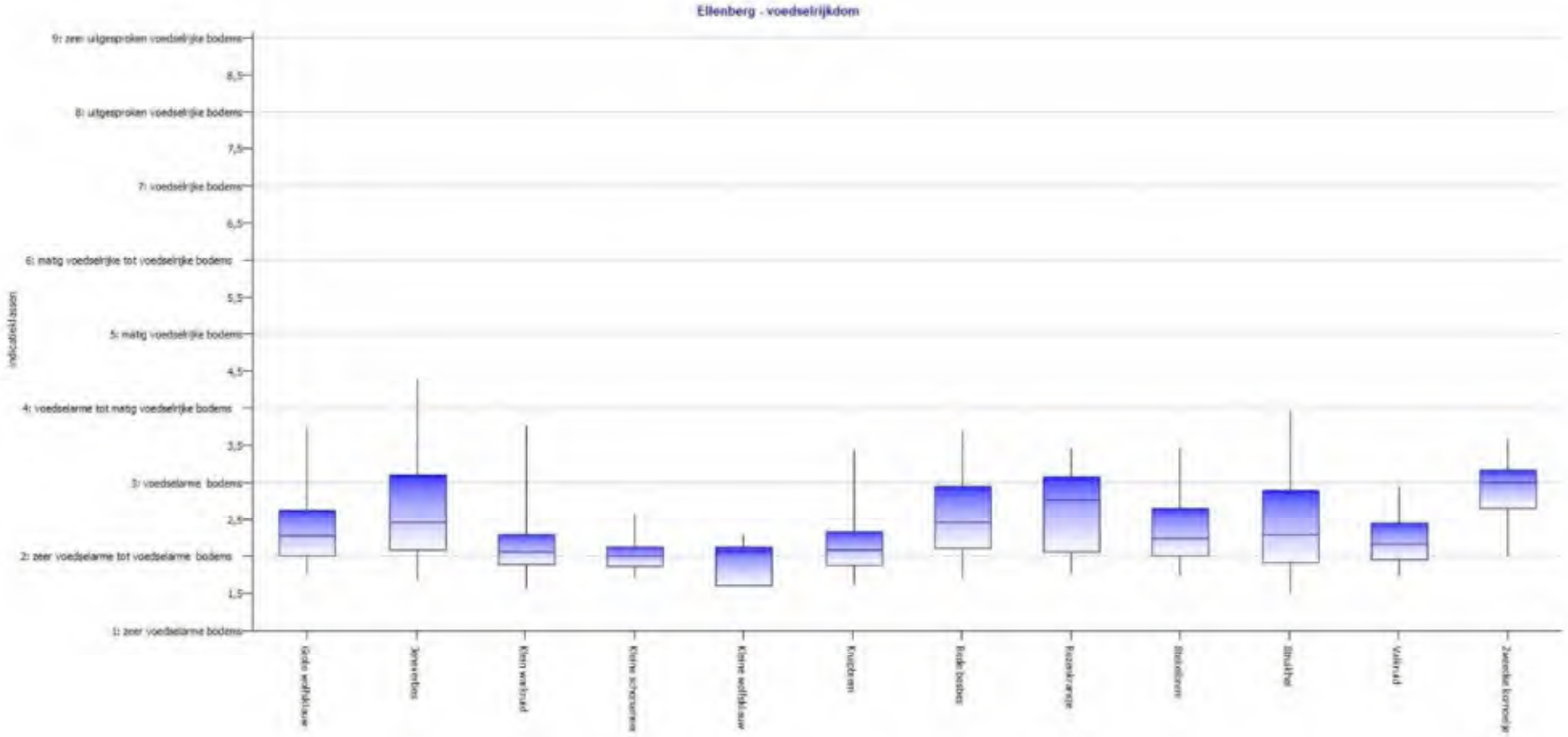
Bijlage 12: Ellenberg analyse SNL-soorten


Ellenberg - voedselrijkdom
9: zeer uitgesproken voedselrijke bodems
8,5
8: uitgesproken voedselrijke bodems
7,5
7: voedselrijke bodems
6,5
6: matig voedselrijke tot voedselrijke bodems
5,5
5: matig voedselrijke bodems
4,5
4: voedselarme tot matig voedselrijke bodems
3,5
3: voedselarme bodems
2,5
2: zeer voedselarme tot voedselarme bodems
1,5
1: zeer voedselarme bodems
indicatiewaarden



Bijlage 13: Ellenberg analyse Trouwe soorten


Ellenberg - zuurgraad
9: sterk basische of kalkrijke bodems
8,5
8: basische bodems; meestal op kalk
7,5
7: zwak zure tot zwak basische bodems
6,5
6: matig zure tot zwak zure bodems
5,5
5: matig zure bodems
4,5
4: zure tot zwak zure bodems
3,5
3: zure bodems
2,5
2: sterk zure tot zure bodems
1,5
1: sterk zure bodems
Gulle wolfsklauw
Jeneverbes
Klein warkruid
Kleine schorseneer
Kleine wolfsklauw
Kruipbrem
Rode bosbes
Rozenkransje
Stekelbrem
Struikheide
Valkruid
Zeeuwse kornoelje



Bijlage 14: kostenschets Cruydt-Hoeck

Locatie	Soort mengsel	Oppervlakte van inzaaien	Kosten (Euro)/Kg	Dichtheid van zaaien	Geschatte kosten (Euro)
Bosranden (Licht)	Speciaal mengsel	750 m2	5.1.2f	1 gram/m2	5.1.2f
Bosranden (Schaduw	Speciaal mengsel	150 m2	5.1.2f	1 gram/m2	5.1.2f

Akkergraan	Vooraf samengesteld	3000 m2	5.1.2f	1 gram/m2	5.1.2f
Akkerkruiden	Speciaal mengsel	700 m2	5.1.2f	1 gram/m2	5.1.2f
Kruidstroken	Speciaal mengsel	1000 m2	5.1.2f	1 gram/m2	5.1.2f
Overige kosten	Onderzoek door Cruydt-Hoeck	12 werkuren	5.1.2f/uur		5.1.2f
				Kosten samenstelling	3140

Locatie	Soort mengsel	Oppervlakte van inzaaien	Kosten (Euro)/Kg	Dichtheid van zaaien	Geschatte kosten (Euro)
Bosranden (Licht)	Standaart mengsel	750 m2	5.1.2f	1 gram/m2	5.1.2f
Bosranden (Schaduw	Standaart mengsel	150 m2	5.1.2f	1 gram/m2	5.1.2f
Akkergraan	Vooraf samengesteld	3000 m2	5.1.2f	1 gram/m2	5.1.2f
Akkerkruiden	Standaart mengsel	700 m2	5.1.2f	1 gram/m2	5.1.2f
Kruidstroken	Standaart mengsel	1000 m2	5.1.2f	1 gram/m2	5.1.2f
				Kosten standaart	1600

Bijlage 15: Kostenschets Struwelen

Soort	Aantal	Maat	Prijs per stuk	Kosten
Jeneverbes	40	40-60	5,5	220
Brem	25	25-35	1,95	48,75
Stekelbrem	25	20-30	2,25	56,25
Gagel	25	30-40	1,25	31,25
Gaspeldoorn	25	20-30	1,95	48,75
			Kosten totaal:	405

Bijlage 16: Kostenschets Blauwendraat

BemestingsWijzer
Grasland
staatsbosb. 2

Uw klantnummer: 8957924

Provincie Overijssel
Eenheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e : 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice.agro@eurofins.com
I www.eurofins-agro.com

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
	749873/005364686	07-04-2021	14-04-2021
	inkoopd.4500018209		

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	2200	1460 - 2130					
	C/N-ratio		14	13 - 17					
	N-leverend vermogen	kg N/ha	125	95 - 145					
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	4	20 - 30					
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	370	265 - 370					
	C/S-ratio		83	50 - 75					
	S-leverend vermogen	kg S/ha	9	20 - 30					
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	4,9	2,9 - 4,2					
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	300	155 - 225					
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	30	100 - 140					
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	80	90 - 145					
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	40	95 - 220					
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	765	670 - 1010					
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	90	115 - 175					
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	175	45 - 155					
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	5	65 - 115					
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	10	30 - 45					
Fysisch	Zuurgraad (pH)		4,9	5,0 - 5,7					
	C-organisch	%	2,3						
	Organische stof	%	4,2						
	C/OS-ratio		0,55	0,45 - 0,55					
	Koolzure kalk	%	0,3	2,0 - 3,0					
	Klei (<2 µm)	%	1						
	Silt (2-50 µm)	%	11						
	Zand (>50 µm)	%	84						
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	49	> 51					
	CEC-bezetting	%	85	> 95					
	Ca-bezetting	%	59	75 - 85					
	Mg-bezetting	%	22	6,0 - 10					
	K-bezetting	%	3,3	2,0 - 5,0					
	Na-bezetting	%	0,8	1,0 - 1,5					
	H-bezetting	%	0,2	< 1,0					
	Al-bezetting	%	0,2	< 1,0					

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0				
Verslemping	rapportcijfer	7,8	6,0 - 8,0				

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

60253

0042

staatsbosb. 2

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch	Vochthoudend vermogen	mm	20						
	Microbiële biomassa	mg C/kg	614	210 - 630					
	Microbiële activiteit	mg N/kg	75	125 - 175					
	Schimmel/bacterie-ratio		0,7	0,7 - 1,0					

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

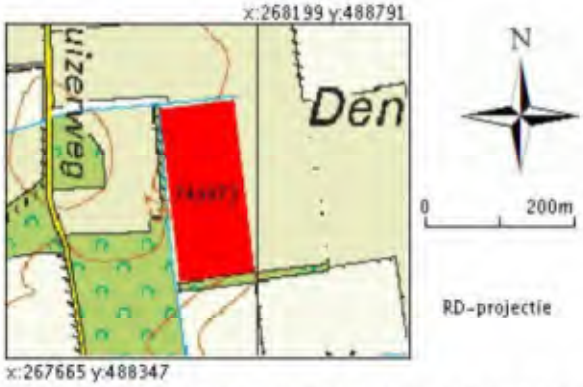
Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 52	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-$CaCl_2$)	= 3,7	mg P/kg
Pw-getal	= 53	mg P_2O_5/l

Oostelijk Veehouderijgebied



Hoekpunten perceel: 267995 488460, 267968 488691, 267868 488678, 267896 488447, 267995 488460

Vanwege ruimtegebrek is het mogelijk dat niet alle coordinaten van de vastgelegde hoekpunten van het perceel op dit verslag zijn weergegeven. Deze zijn echter wel opgeslagen in onze database.

staatsbosb. 2

Advies **Stikstof (N)** **2021 t/m 2024**

	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	355	zeer licht weiden	< 1000	56	14	12	12	13	12	12
		licht weiden	1000 - 1500	77	22	32	32	29	26	24
		normaal weiden	1500 - 2000	93	49	50	50	43	37	33
		licht maaien	2000 - 2500	108	74	66	66	53	44	
		normaal maaien	2500 - 3000	118	95	79	79	60		
		zwaar maaien	> 3000	124	114	89	89			
		standweiden		77	-	53	41	43	33	33

				2021		2022 t/m 2024	
		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	35 (2e snede)	35	35 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		15	0	25	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		15	0	25	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	15	20 (3e maaien)	25	20
		normaal maaien	> 2500	15	25 (3e maaien)	25	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		100	15 (eenmalig)	100	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		100	85 (eenmalig)	100	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	140	70	140	70
		normaal maaien	> 2500	180	100	180	100

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	110	110	110	110

			2021		2022 t/m 2024	
	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)		50	50 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)		15	15 (eenmalig)	15	15 (eenmalig)

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	535	-	-	-
		Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 105			

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	0
	Calcium (CaO)	eenmalig	380
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
De P-buffering is 14 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 10

Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

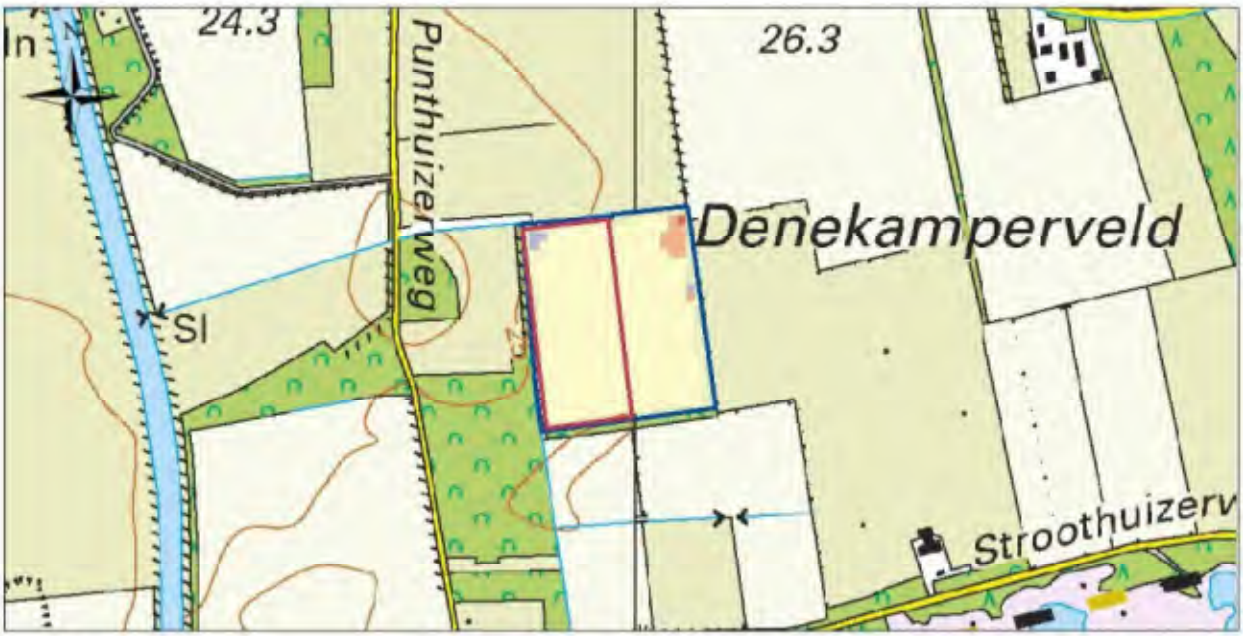
Magnesium:
Magnesium (Mg) is van belang voor opbrengst van gras, maar de Mg-voorziening moet tevens in orde zijn om het risico op kopziekte te voorkomen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

staatsbosb. 2

Bontheid



Legenda

Schaal: 1:5,000

Bodemscout

Gewasproductie

- Boven gemiddeld
- Gemiddeld
- Onder gemiddeld

Percelen

- Bemonsterd perceel
- Gewasperceel
- Perceelsvlak
- Bodemscoutvlak

Datum: 09-04-2021 Tijd: 16:47:14

BodemScout toont - gebaseerd op 9 jaar satellietbeelden - de structurele verschillen binnen een gewasperceel; waar deed het gewas het gemiddeld beter en waar slechter? Geeft de BodemScout aan dat uw perceel heel heterogeen is, dan kunt u eerst onderzoeken waardoor de verschillen veroorzaakt worden (zoals structuur, vochtbinding, (schadelijk) bodemleven, tekort aan nutriënten, pH-toestand) en vervolgens uw management aanpassen aan deze informatie.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Organische stof

Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 2,8

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Netto toename van effectieve organische stof.

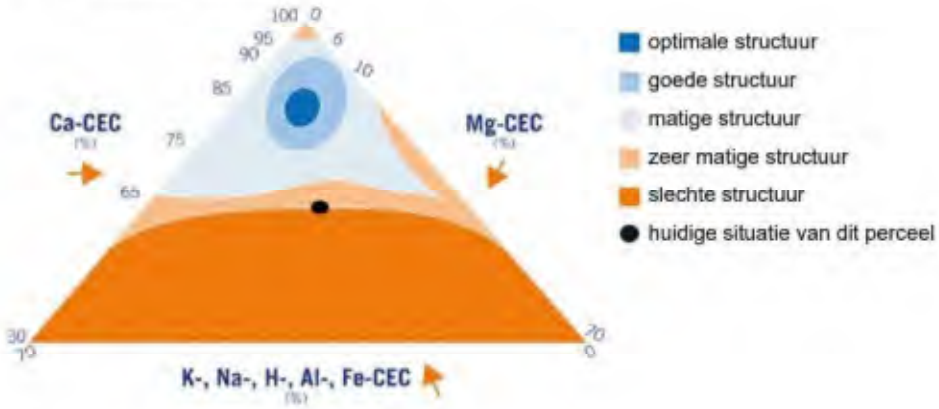
Figuur: Kwaliteit van de organische stof

Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek



staatsbosb. 2

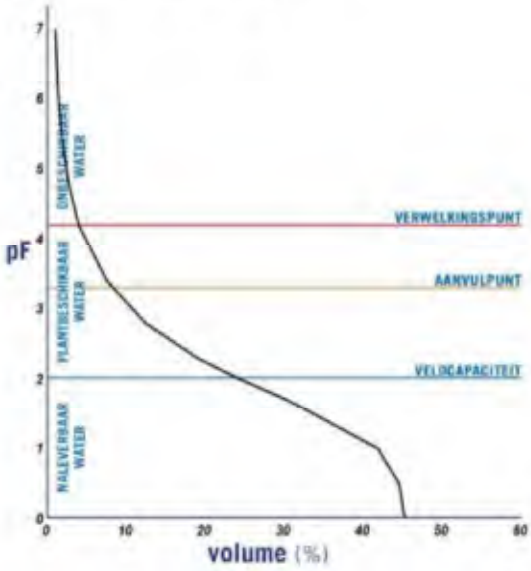
Fysisch

Figuur: Textuurdriehoek

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 20 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 8,4 % vocht zit en geef dan 16 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, 5.1.2e
Contactpersoon monstername:	5.1.2e 5.1.2e
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Normaal

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Methode		Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse resultaten	N-totale bodemvoorraad	1670	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	S-plantbeschikbaar	3,4	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
	S-totale bodemvoorraad	280	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	P-plantbeschikbaar	3,7	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	P-bodemvoorraad	52	mg P_2O_5/100 g	PAL1: Gw NEN 5793	Q
	K-plantbeschikbaar	24	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	K-bodemvoorraad	1,6	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-plantbeschikbaar	0,4	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-bodemvoorraad	33	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Mg-plantbeschikbaar	67	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Mg-bodemvoorraad	10,8	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Na-plantbeschikbaar	5	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Na-bodemvoorraad	0,4	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Zuurgraad (pH)	4,9		Em: NIRS (TSC®)	
	C-organisch	2,3	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	Organische stof	4,2	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	C-anorganisch	0,04	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Koolzure kalk	0,3	%		
	Klei (<2 µm)	1	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Silt (2-50 µm)	11	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Zand (>50 µm)	84	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei-humus (CEC)	49	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële biomassa	614	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële activiteit	75	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Schimmel biomassa	147	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Bacteriële biomassa	219	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform
P-bodemvoorraad Deze analyse is in duplo uitgevoerd.

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
Het monster is geanalyseerd in het Eurofins Agro laboratorium in Wageningen, tenzij anders is vermeld.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 08-04-2021

medusa
60254
0043

Bodem Perceel
Weustendijk, Reutum
Geofysisch bodemonderzoek

Verantwoording	
Algemene informatie	
Titel	Bodem perceel Weustendijk Reutum, Geofysisch bodemonderzoek
Medusa Project	2020-P-693
Opdrachtgever	Staatsbosbeheer
Medusa Rapport/versie	2020-P-693 v1
Opdracht	Grondradaronderzoek Reutum
Medusa Projectleider	5.1.2e
Rapportage	5.1.2e
Operators Medusa	5.1.2e
Collegiale toetsing	5.1.2e
Eindredactie	5.1.2e
Datum uitvoering	23 juni 2020
Datum rapportage	8-9-2020
Locatie informatie	
Locatie	Een perceel aan de Weustendijk bij Reutum.
Bodemtype	Zand, humeus, kleiig
Weersomstandigheden veldwerk	Goed
Verstorende elementen tijdens veldwerk	Geen
Techniek	
Gebruikte sensoren	Zonde Ground Penetrating Radar en Gammaspectrometer (ms2000)
Instellingen sensoren	300 Mhz (100 ns)
Lijn/raai interval	5 m.
Positionering	RTK-GPS
Positienauwkeurigheid	< 5 cm

Medusa Explorations BV

Postbus 623
9700 AP Groningen

Telefoon: 050- 5770280
Email: info@medusa-online.com
www.medusa-online.com

60254 0043

Inhoud

Inhoud 3

1 Introductie 4

1.1 Kader 4

1.2 Vraag 4

2 Basisgegevens 5

2.1 Gebied 5

2.2 Strategie 5

3 Veldwerk 7

3.1 Uitvoering van het veldwerk 7

3.2 Gebruikte meetsystemen 9

3.2.1. Grondradar 9

3.2.2. Gammaspectrometer 9

4 Van meetgegevens naar geo-informatie 11

4.1 Verwerking van de gegevens 11

4.1.1. Metingen met de grondradar 11

4.2 Interpretatie 11

4.2.1. Metingen met de grondradar 11

4.2.2. Metingen met de gammaspectrometer 14

4.3 Resultaten 15

4.3.1. Kaart met de radarmeetlijnen. 15

4.3.2. Dikte, lutum% en diepte onderkant in m + NAP van de toplaag 15

4.3.3. Diepte van de onderkant van het veen 15

4.3.4. Dikte van het veenpakket 15

4.3.5. Diepte onderkant van onderliggend zand/bovenkant keileem 16

4.3.6. Dikte van het onderliggende zandpakket 16

4.3.7. Positie en diepte van drainagebuizen 16

4.3.8. Profielen en boringen 17

5 Conclusies 18

Bijlage: Kaarten 19

1 Introductie

1.1 Kader

Staatsbosbeheer heeft Medusa Explorations BV gevraagd om een geofysisch onderzoek uit te voeren op een perceel aan de Weustendijk bij Reutum. Dit perceel was in gebruik als weiland en SSB wil op dit perceel een meer natuurlijke vegetatie tot stand brengen behorend bij een veengebied.

Daartoe dient de bovenste toplaag/zandlaag afgegraven te worden zodat het natuurlijke onderliggende veen of zand aan de oppervlakte komt. Hiervoor is nodig om de exacte bodemopbouw van het perceel gebiedsdekkend in kaart te brengen zodat het ontgravingspatroon en de te verwijderen hoeveelheid grond vastgesteld kunnen worden.

1.2 Vraag

Om de ontgraving en de inrichting van het perceel zo nauwkeurig mogelijk te kunnen uitvoeren heeft Staatsbosbeheer informatie nodig over:

- De dikte van de zandige toplaag.
- De dikte van de onderliggende veenlaag
- Diepteligging bovenkant veenlaag/onderkant bovenste zandlaag
- Diepteligging onderkant veenlaag/bovenkant onderliggende zandlaag (Formatie van Boxtel)
- Diepteligging bovenkant keileemlaag (indien aanwezig)

Aanleiding voor het onderzoek zijn de geplande graafwerkzaamheden ter plaatse. Staatsbosbeheer heeft het voornemen om de bovenste zandlaag tot aan het veen te ontgraven om de natuur in het gebied te herstellen. Het gebied wordt opnieuw ingericht.

De bodemopbouw bestaat in grote lijnen uit een toplaag van zand/bouwvoor met daaronder een veenlaag. Uit boringen blijkt dat deze veenlaag tussen 25-100 cm dik is. Daaronder komt humeus zand (Formatie van Boxtel). Deze zandlaag ligt vermoedelijk op een onderliggende keileempakket van de Formatie van Drenthe.

Het onderzoeksgebied bestaat uit grasland. Het gebied is vrij vlak en open. Het is goed toegankelijk met een quad. Het perceel is ca. 4 hectare groot.

2 Basisgegevens

2.1 Gebied

De locatie van het te onderzoeken perceel is weergegeven in figuur 1.

Figuur 1: Onderzoeksgebied perceel 5; N14.02, aan de Weustendijk te Reutum.

2.2 Strategie

Om de onderzoeksvraag goed te kunnen beantwoorden is ervoor gekozen om twee geofysische systemen in te zetten. Een gammaspectrometer voor het in kaart brengen van de variatie van het lutumgehalte in de toplaag en een 300 MHz grondradarsysteem voor het in kaart brengen van de bodemhorizonten en bodemopbouw.

De voorgestelde systemen zijn gemonteerd aan een quad, waardoor het onderzoeksgebied al rijdend is ingemeten. De radarantenne is achter een quad aangesleept. De antenne moet contact hebben met de bodem en er moet voldoende ruimte aanwezig zijn voor het rijden van meetlijnen.

Op de onderzoekslocatie zijn kruislingse meetlijnen gereden met een onderlinge afstand van ca. 5 meter. De positiebepaling is gedaan met behulp van een RTK-GPS systeem.

De data is op kantoor geanalyseerd op de aanwezige laagovergangen. De data afkomstig van de gammaspectrometer is vertaald naar lutumpercentages.

In de gegevens van de grondradar zijn de bodemopbouw en de gelaagdheden goed te zien. Om de laag te kunnen typeren is aanvullende informatie (zoals gebiedskennis, boringen) nodig. Voor dit project was een set van 4 boringen beschikbaar uit een vorig onderzoeksrapport (*Bodemchemisch onderzoek Reutum, conceptrapportage, Rapportnr. RP-20-028-20-48, 15-05-2020, Onderzoekscentrum B-WARE BV*).

Als resultaat van het onderzoek zijn verschillende bodemkaarten gemaakt zoals:

- Gemeten locaties en meetlijnen
- Diepteligging bovenkant veenlaag /onderkant bovenste zandlaag(indien aanwezig)
- Diepteligging onderkant veenlaag/bovenkant onderliggende zandlaag (Formatie van Boxtel)
- Dikte van de veenlaag
- Diepteligging van de bovenkant van het keileem (indien aanwezig)

De kaarten zijn opgeleverd als pdf-bestanden en ArcGis bestanden in het Rijksdriehoeksysteem (RD) en t.o.v. het maaiveld en NAP (obv AHN3).

3 Veldwerk

3.1 Uitvoering van het veldwerk

Het veldwerk is uitgevoerd op 23 juni 2020.

Het perceel was goed toegankelijk, het gras was kort en er waren geen obstakels op de percelen aanwezig. Het veldwerk is dan ook zeer voorspoedig uitgevoerd.

Het perceel is met een quad ingemeten met een kruislings gereden 5 bij 5 meter grid om een goede dekking te krijgen.
De meting is uitgevoerd bij droog weer. Het perceel was goed afgebakend en was overal goed begaanbaar. Het terrein bestond uit grasland.

Er waren geen belemmeringen met toestemming op het terrein omdat het in eigendom is van de opdrachtgever.

Een foto van de uitvoering van de meting op het perceel is te zien in figuur 2 en figuur 3.

Figuur 2: De meting met de quad op perceel 5; N14.02

Figuur 3: De meting met de quad op perceel 5; N14.02

3.2 Gebruikte meetsystemen

3.2.1. Grondradar

Een grondradarsysteem bestaat uit een combinatie van een elektromagnetische zender en ontvanger. Bij het meten wordt een hoogfrequente radiopuls (radargolf) door de zendspoel uitgezonden en gereflecteerd op bepaalde lagen of objecten in de bodem, die andere elektromagnetische eigenschappen hebben dan de bodem eromheen. De meting legt de looptijd van de puls vast tussen het moment van uitzenden en het moment van ontvangst van een reflectie. De looptijd wordt bepaald door de diepte van het object waarop de reflectie plaatsvindt, waarbij de voortplantingssnelheid van de radargolf in de grond afhangt van de diëlectrische constante(geleidbaarheid) van de bodem. De methode is enigszins vergelijkbaar met seismische metingen, waarbij een uitgezonden geluidsgolf weerkaatst op bodemlagen of objecten met verschillende dichtheden.

In de praktijk wordt met het grondradar systeem bewegend, een semicontinue meting uitgevoerd: tientallen keren per seconde wordt een puls uitgezonden en wordt de looptijd van de reflecties (en daarmee de diepte van de reflector) geregistreerd. Tegelijkertijd wordt de positie van het systeem vastgelegd met een GPS systeem. De metingen worden al lopend/rijdend uitgevoerd.

De kwaliteit van metingen met een grondradar wordt vooral bepaald door de geleidbaarheid van de bodem: in een ondergrond met een relatief hoge geleidbaarheid zal het signaal snel afzwakken met de diepte, waardoor er minder sterke reflecties worden waargenomen bij de ontvanger aan de oppervlakte.
Ook de keuze van het radarsysteem speelt een belangrijke rol in de kwaliteit van metingen: de amplitude van een signaal met een relatief hoge frequentie (1.5 GHz) neemt eerder af met de diepte dan de amplitude van een relatief lage frequentie (300 MHz). Dit betekent dat een hoogfrequent signaal een beter onderscheidend vermogen heeft in de bovenste lagen, maar dat de penetratiediepte een stuk kleiner is dan bij een systeem met een laagfrequent signaal. Bij het zoeken naar bepaalde objecten moet dus rekening gehouden worden met de diepte waarop deze objecten gevonden zullen worden en wat de omvang ervan is.

3.2.2. Gammaspectrometer

De Medusa Gamma-spectrometer is een geofysisch meetsysteem ontwikkeld voor de bepaling van textuur, korrelgrootte en chemische samenstelling van de toplaag (bovenste 50 cm) van de bodem. De sensor meet de (van nature voorkomende) radioactieve straling uit de grond. Deze straling is afkomstig van langlevende isotopen van kalium (^{40}K), uranium (^{238}U) en thorium (^{232}Th). Daarnaast zijn er zeer lage concentraties cesium (^{137}Cs) in de grond aanwezig, uit de fall-out ten gevolge van het ongeluk met de nucleaire reactor in Chernobyl (1986) en de bovengrondse kernproeven in de vroege jaren '60 van de vorige eeuw. Al deze radioactieve stoffen komen in zeer lage concentraties voor in de bodem, en vormen qua straling geen gevaar voor de volksgezondheid.

De gebruikte methode wordt ook wel spectraal gamma genoemd en wordt veel gebruikt in boorgatmetingen en geologische exploratie vanuit de lucht.

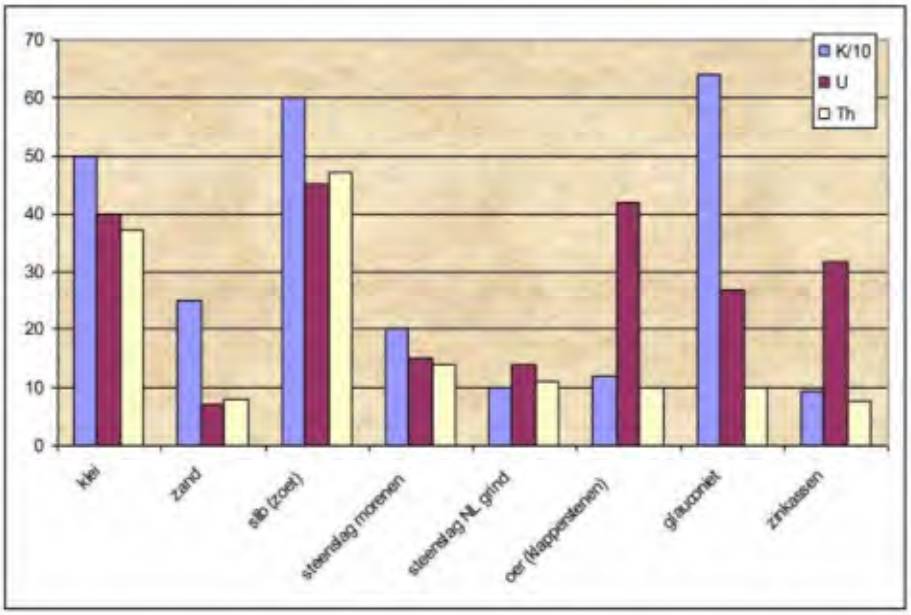
Uit eerder onderzoek is gebleken dat verschillende mineralen en bodemtypen kunnen worden onderscheiden doordat ze verschillen in concentraties ^{40}K, ^{238}U en ^{232}Th. Dit verschijnsel noemt men de "radiometrische vingerafdruk"[1] van een mineraal. De mate waarin de mineralen verschillen is afhankelijk van het soort mineraal (kleimineralen zijn anders dan zinkerts), van de afkomst (graniet uit de Alpen is anders dan Schots graniet) en van de ouderdom (erosie van mineralen leidt onder meer tot het uitwassen van radioactieve isotopen).

De fingerprint van een mineraal kan in het lab worden bepaald door onder gecontroleerde omstandigheden in een monster de concentraties ^{40}K, ^{238}U en ^{232}Th te bepalen. Tegelijk kunnen van hetzelfde monster ook andere eigenschappen worden bepaald (bijvoorbeeld de zware-metaalconcentratie, de textuur, de mineraalsamenstelling, etc.). In veel gevallen blijkt er een relatie te bestaan tussen één of meer van de radioactieve stofconcentraties en één (of meer) van de textuur- of chemische eigenschappen van het monster.

[1] De "fingerprint" van een mineraal is de concentratievector [C_K, C_U, C_{Th}], waarbij de concentraties C gegeven zijn in Bq/kg DS (Bequerels per kilogram drogestof), waarbij de Bequerel de eenheid van straling is.

60254 0043

Als zo'n relatie ook bestaat voor een *verzameling* monsters uit een gebied, kan een ijklijn worden bepaald. Zo'n ijklijn beschrijft dan de vertaling van de radiometrische data naar de gewenste bodemeigenschap (textuur of chemie)



Figuur 4: voorbeeld van de fingerprint van veel voorkomende gesteenten en mineralen in Nederland.

Het veldsysteem voor het meten van radioactiviteit bestaat uit een (4 liter groot) scintillatiekristal dat in een continue meting de gammastraling die uit de grond komt, vastlegt. Naast de hoeveelheid straling (de intensiteit) meet het systeem ook de energieverdeling (de "kleurenspectra") van de straling. Deze spectra worden, afhankelijk van de instellingen van de apparatuur, 1 tot 10 keer per seconde vastgelegd. Parallel aan de radioactiviteit wordt ook de positie van de sensor gemeten met behulp van een RTK-GPS systeem. Na de meting wordt voor elke meetpunt de concentratie van ^{40}K, ^{238}U, ^{137}Cs en ^{232}Th in de grond bepaald.

Figuur 5 laat zien hoe de metingen van de gammaspectrometer en de grondradar tegelijk kunnen worden uitgevoerd door beide meetsystemen op/aan een quad te monteren: de gammaspectrometer achterop de quad op een hoogte van ca. 50 cm boven het maaiveld en de grondradar achter de quad.

Figuur 5: quad met daaraan gemonteerd de gammaspectrometer (achter op de bagagedrager van de quad) en de grondradar (antenne achter de quad).

4 Van meetgegevens naar geo-informatie

4.1 Verwerking van de gegevens

4.1.1. Metingen met de grondradar

De meetgegevens van de grondradar zijn geanalyseerd met behulp van het zelf ontwikkelde softwarepakket SaY. Daarna zijn resultaten in ArcGis verwerkt tot kaarten (zie bijlagen).

Van de gemeten radarlijnen is eerst per deelgebied een timeslice gemaakt om te zien of op bepaalde niveaus of locaties een afwijking in het bovenaanzicht aanwezig was. De mate van reflectie geeft aan of er objecten (bijvoorbeeld stenen) of laagovergangen aanwezig zijn. Veel reflectie geeft aan dat er veel objecten, verkittingen of ijzeroer in de bodem zit.

Vervolgens zijn de gemeten radarprofielen handmatig geanalyseerd. Tijdens dit handmatig proces zijn de laagovergangen en anomalieën bestudeerd om uit te vinden of de gezochte structuren zichtbaar zijn. Deze zijn vervolgens handmatig met diverse gekleurde markers aangegeven in de radarprofielen. Daarna zijn deze uitgezet in kaarten die in de bijlagen 1 t/m 6 zijn bijgevoegd.

In de radarprofielen zijn de laagovergangen in de ondergrond, de aanwezigheid van objecten en de structuren in de bodemopbouw zichtbaar. De radarbeelden tonen overgangen, maar het is niet te zien welke bodemhorizonten bij de verschillende gelaagdheden horen. Dit is bepaald op basis van informatie uit de beschikbare boringen en overige gegevens.

Om de kaarten te kunnen maken moet de tijd die het radarsignaal onderweg geweest is in de bodem (in nanoseconden) omgerekend worden naar een diepte in cm (is ook al in de radarprofielen te zien). Hiervoor is aangenomen dat de bodem grotendeels uit zand bestaat. Op basis van bepaalde structuren in de radarbeelden en theoretische waarden kan een goede inschatting worden gemaakt van de snelheid van het radarsignaal in de bodem. Daarnaast zijn de boringen gebruikt voor de ijking van de snelheid. Voor de omrekening is voor de snelheid van het radarsignaal 11.4 cm per nanoseconde gebruikt. Dit komt overeen met de theoretische waarde voor een gemiddelde bodemsamenstelling van matig vochtig zand.

4.2 Interpretatie

4.2.1. Metingen met de grondradar.

In de radarprofielen zijn een groot aantal structuren te zien. Er zijn met diverse kleuren een aantal horizonten aangegeven. De diepte en betekenis van deze laagovergangen is afgeleid uit de vier aangeleverde boorbeschrijvingen uit het eerdere onderzoeksrapport. De in de boringen beschreven bodemlagen zijn in de naastliggende radarlijnen uitgezet naar de diepte. Zie de radarvoorbeelden in figuur 6 t/m figuur 9 en bijlage 8.

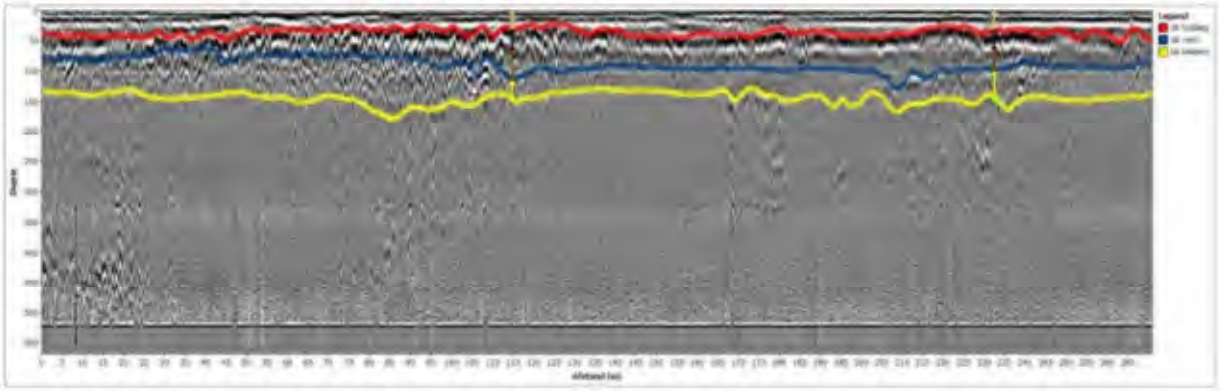
In de boringen zijn verschillende lagen (laagovergangen) beschreven:

1. De zandige toplaag met de bouwvoor.
2. De diepte van de overgang naar het onderliggende veen (of zand).
3. De dikte en de samenstelling van het veen.
4. De diepte van de overgang van het veen naar het onderliggende zand (of keileem).
5. De samenstelling van het onderliggende zand.

Deze lagen zijn met verschillende kleuren in de radarprofielen aangegeven en daarna doorgetrokken in het radarbeeld, voor zover zichtbaar.

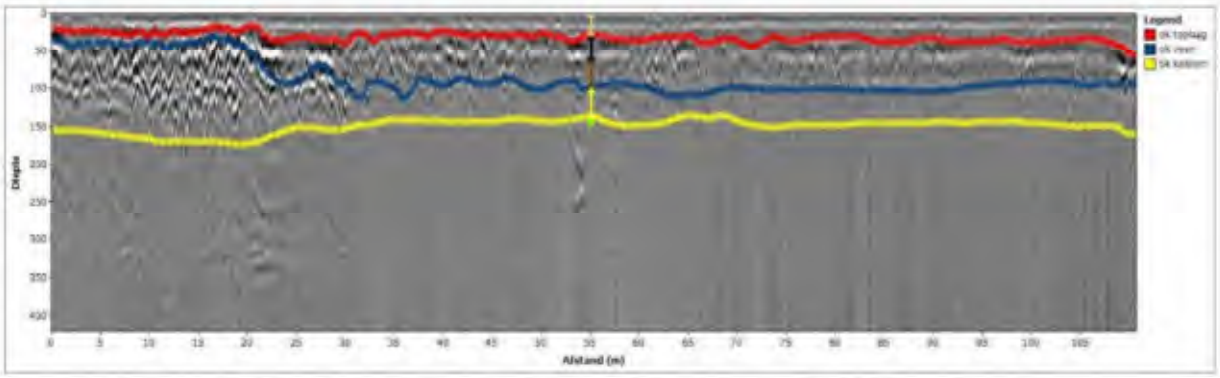
In de radarvoorbeelden is de positie van de aangeleverde boringen aangegeven met een staaf plus boornummer. In de staaf zijn met kleuren de diverse beschreven lagen aangegeven. Met deze lagen en laagovergangen zijn de radaropnames gekalibreerd voor wat betreft de omrekening van de snelheid van het radarsignaal naar de goede diepteschaal.

In de legenda van de interpretatie (rechts boven) van de hiernavolgende radarvoorbeelden staat de rode lijn voor de onderkant van de toplaag, de blauwe lijn voor de onderkant van het veen en de gele lijn voor de onderkant van het onderliggende zand/bovenkant van de keileem (zie ook de profielen in bijlage8 van dit rapport). In de profielen zijn de op de radarlijn liggende boringen uitgezet als verticale staafjes (de kleuren legenda hiervan wordt onder de figuur weergegeven).



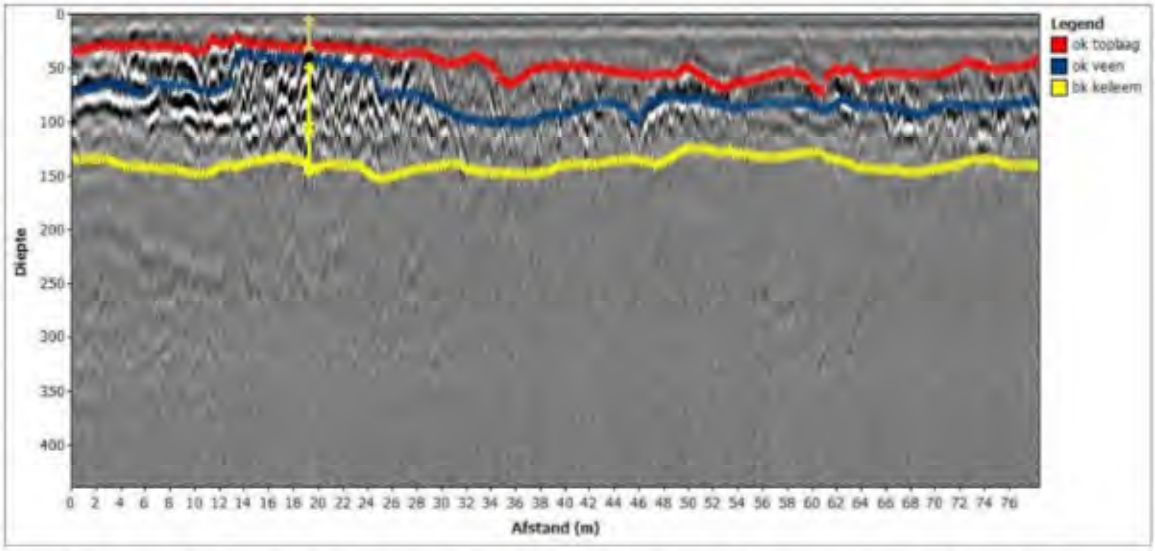
Figuur 6: Gemeten radarlijn (N-Z lengteprofiel) met interpretatie: De gele doorgetrokken lijn is bovenkant keileem/onderkant zand; de blauwe doorgetrokken lijn is de onderkant veen; de rode doorgetrokken lijn is onderkant toplaag/bovenkant veen. In het profiel zijn de aangeleverde boringen als verticale staafjes uitgezet in de radar: Boring 8 links/noord, Boring 7 rechts/zuid. (Legenda: zie hieronder).

Legenda boringen (kleuren in de boorstaafjes):
Geel (B8 en B7) =Toplaag zand (0-30 cm -mv.)
Zwart (B8 en B7) =vast, zandig veen (30-65 cm -mv,), sterk veraard bosveen (in B8 met grootschalige scheve gelaagdheid)
Bruin (B8) =zeer stijf, zandig veen (65-115 cm -mv.), matig veraard, zand insluitingen
Bruin (B7) =vast veen (65-100 cm -mv.), matig veraard bosveen, mineraal arm
Geel (B8) = stevig schraal zand (115-150 cm -mv.), spikkels veen
Geel (B7) = vast, schraal zand (100-140 cm -mv.)
Groen (B7) = vast zandige leem (140-150 cm -mv.), grindig, steenhoudend, keileem



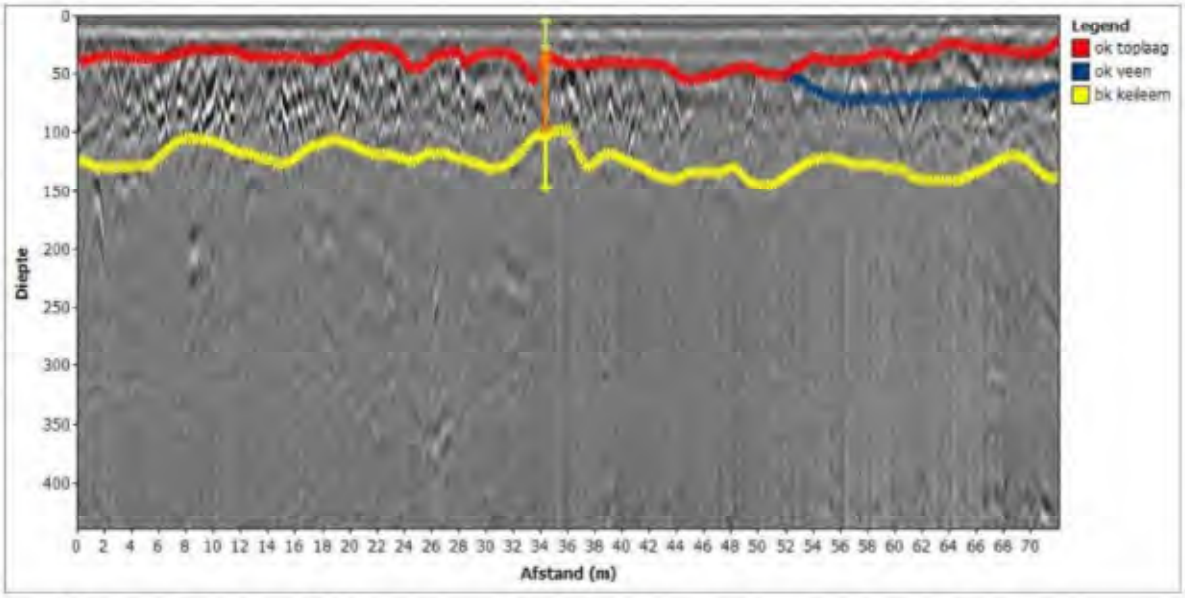
Figuur 7: Gemeten radarlijn (W-O dwarsprofiel) met interpretatie: De gele doorgetrokken lijn is bovenkant keileem/onderkant zand; de blauwe doorgetrokken lijn is de onderkant veen; de rode doorgetrokken lijn is onderkant toplaag/bovenkant veen. In het midden is het staafje van Boring 7 weergegeven (Legenda: zie hieronder).

Legenda boring (kleuren in het boorstaafje):
Geel = toplaag zand (0-30 cm -mv.)
Zwart = zandig vast veen (30-65 cm -mv.), sterk veraard bosveen met spikkels zand
Bruin = vast veen (65-100 cm -mv.), matig veraard bosveen, mineraal arm;
Geel = vast schraal zand (100-140 cm -mv.)
Groen = vast zandige leem (140-150 cm -mv.), grindig, steeenhoudend, keileem



Figuur 8: Gemeten radarlijn (W-O dwarsprofiel) met interpretatie: De gele doorgetrokken lijn is bovenkant keileem/onderkant zand; de blauwe doorgetrokken lijn is de onderkant veen; de rode doorgetrokken lijn is onderkant toplaag/bovenkant veen. Links is het staafje van Boring 6 weergegeven (Legenda: zie hieronder).

Legenda boring (kleuren in het boorstaafje):
Geel = toplaag zand (0-35 cm -mv.)
Zwart = veen (35-45 cm -mv.)
Geel = homogeen zand (35-105 cm -mv.)
Geel = moerig gelaagd zand (105-150 cm -mv.) met spikkels keileem, insluitingen van grind, steenhoudend, grootschalige scheve gelaagdheid.



Figuur 9: Gemeten radarlijn (W-O dwarsprofiel) met interpretatie: De gele doorgetrokken lijn is bovenkant keileem/onderkant zand; de blauwe doorgetrokken lijn is de onderkant veen; de rode doorgetrokken lijn is onderkant toplaag/bovenkant veen. In het midden is Boring 9 weergegeven (Legenda zie hieronder).

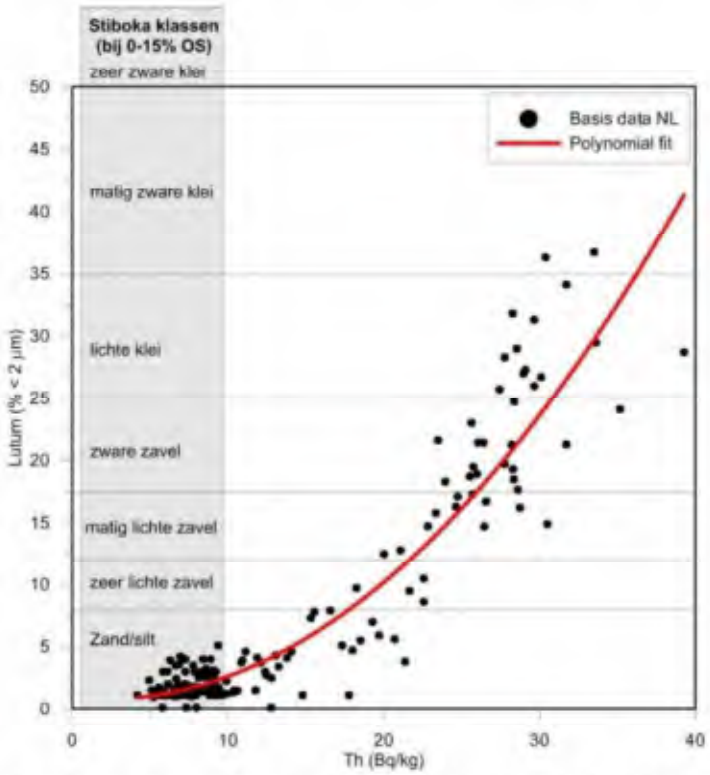
Legenda boring (kleuren in het boorstaafje):
Geel = toplaag zand (0-30 cm -mv.)
Oranje = matig stevig zand (30-40 cm -mv.), spikkels veen, vermengd, omgewerkte grond
Oranje = matig stevig zand (40-100), iets moerig, spikkels veen, geleidelijk homogeen
Geel = matig stevig zand (100-150 cm -mv.), moerig, insluitingen van veen en laagjes leem.

4.2.2. Metingen met de gammaspectrometer

De data van de gammaspectrometer is op kantoor geanalyseerd in Gamman software met een smart fit (running average) van 3 en met standaardspectrum.
In deze software wordt het spectrum gestabiliseerd en worden de concentraties van de afzonderlijke nucliden berekend volgens de Full Spectrum Analysis (zie par. 3.2.2). In eerder onderzoek is gebleken dat zowel de intensiteit (countrate) als de samenstelling van de straling (^{40}K, ^{238}U, ^{232}Th, ^{137}Cs) informatie geeft over de minerale samenstelling (moedermateriaal) en de textuur van de bodem.

Er is een verband tussen de kleifractie en de bovengenoemde concentratie aan radionucliden[2]. Vooral bij een hoge thorium- en uranium concentratie zal het lutumgehalte in de bodem hoger zijn. Bij een lage thorium- en uranium concentratie zal het lutumgehalte in de bodem lager zijn.

Om de interpretatie te helpen is de data omgerekend naar een kaart van het indicatieve kleigehalte (figuur 10). Hiervoor is een ijking gebruikt die gebaseerd is op eerder verzamelde data uit heel Nederland (figuur 10). Dit betekent dat de precieze kleigehaltes in het veld misschien iets af kunnen wijken van de kaart, maar de trend en de variatie in het kleigehalte zullen zeker hetzelfde zijn.



Figuur 10: ijkcurve voor het bepalen van het kleigehalte op basis van de concentratie thorium gebaseerd op data uit heel Nederland.

Hierdoor kon een goede, gedetailleerde en consistente interpretatie van de textuur en oorsprong van de bovengrond worden bereikt.

Om gemeten waarden om te zetten naar exacte lutumgehaltes moet er een ijking van de data plaatsvinden en zijn er monsteranalyses nodig.

[2] Van Der Klooster, E., Van Egmond, F. M., & Sonneveld, M. P. W. (2011). Mapping soil clay contents in Dutch marine districts using gamma-ray spectrometry. *European Journal of Soil Science*, *62*(5), 743–753. doi:10.1111/j.1365-2389.2011.01381.x

60254 0043

4.3 Resultaten

In de bijlagen 1 t/m 8 zijn kaarten en profielen opgenomen met de resultaten van het geofysisch bodemonderzoek.

4.3.1. Kaart met de radarmeetlijnen.

In kaart 1 van de bijlage zijn de gemeten lijnen met het grondradarsysteem en de gammaspectrometer aangegeven. Als ondergrondkaart is een luchtfoto gebruikt.

Verder is de locatie van de 4 beschikbare boringen aangeven (B6 t/m B9).

4.3.2. Dikte, lutum% en diepte onderkant in m + NAP van de toplaag

In kaart 2a is de dikte van de toplaag aangegeven in centimeters.

De dikte van de toplaag varieert van 16-78 cm. Met behulp van het geproduceerde raster (rasterafstand 1 meter) is berekend dat het totale oppervlak van het veld **36417 m² is. H**et totale volume van de toplaag is **13118 m³**.

Over het algemeen is de trend dat de dikte toeneemt van het noordwesten naar het zuidoosten. Rondom Boring 8 is een ZW-NO verlopende zone waar de dikte van de toplaag overwegend onder de 30 cm blijft. In de omgeving van boring 9 is een cirkelvormige zone waar de toplaag weer dikker is (tot ca. 50 cm).

In kaart 2b is het lutumgehalte van de toplaag (ca. 0-30 cm -mv) aangegeven. Het lutumpercentage varieert van 2.5 % (rood) tot 7.5 % (blauw).

Het patroon op de kaart lijkt te duiden op het feit dat hier in het verleden na de veenvorming een meanderend beekje heeft gestroomd. Daarbij is in de rood gekleurde gebieden op de kaart lutumarm zand afgezet in de beekbedding (bij B8 matig siltig zand in de boorbeschrijving). Buiten de bedding is dan meer lutumrijk zand afgezet (bij B7 sterk siltig zand in de boorbeschrijving).

In kaart 2c is de diepte van de onderkant van de toplaag weergegeven in meters + NAP. Deze varieert van 17.2 tot 18.9 meter NAP.

4.3.3. Diepte van de onderkant van het veen

In de kaarten 3a en 3b van de bijlage wordt de diepte van de onderkant van het veenpakket aangegeven in respectievelijk cm -mv. en cm NAP.

De diepte varieert van 10 cm in het noorden en langs de zuidwestelijke rand van het veld (B6) tot 100-170 cm in het centrale en zuid-oostelijke gedeelte van het veld (B7 en B8). In het noordwestelijke gedeelte van het perceel komt zeer waarschijnlijk geen veen voor (B9).

Uit de boorbeschrijvingen blijkt dat het veen in de omgeving van B7 in situ is afgezet terwijl verder naar het noorden het veen is geërodeerd door het al eerder genoemde beekje/riviertje en verspoeld met zand weer is afgezet (B8: zandig veen met insluitsels zand en scheve gelaagdheden; duidt op actief transport en afzetting). Nog verder naar het noorden komt alleen nog iets moerig zand voor met spikkels veen. In het zuiden komt alleen nog een dun laagje veen voor van 10 cm dikte (B6: vast veen met ijzerconcreties).

4.3.4. Dikte van het veenpakket

In kaart 4 van de bijlage wordt de dikte van het veenpakket aangegeven. De dikte varieert van 8-10 cm in het noorden en langs de zuidwestelijke rand van het veld tot 122 cm in het centrale en zuid-oostelijke gedeelte van het veld.

Hiermee lijkt deze kaart logischerwijs sterk op de vorige kaart van de diepte van de onderkant van het veen. De dikteverschillen in het veen blijken dus voornamelijk veroorzaakt te worden door hoogteverschillen in het landschap tijdens de afzetting. Waar het veen dun of zelfs afwezig is, zit volgens kaart 6 van de bijlage een dik pakket onderliggend zand (opduikende zandruggen).

4.3.5. Diepte onderkant van onderliggend zand/bovenkant keileem

In de kaarten 5a en 5b van de bijlage is de diepte van de onderkant van het onder het veen liggende zand aangegeven in respectievelijk cm -mv en cm NAP. Dit is tevens de bovenkant van de keileem waarop het zand is afgezet.

De diepte van de onderkant van het zand ligt over het algemeen tussen 83 en 175 cm -mv. In het noordelijk en westelijk gedeelte van het perceel komt het zand overwegend minder diep. Verder zijn er enkele cirkelvormige laagten (enkele meters in diameter) waar de onderkant van het zand dieper ligt. Dit kunnen mogelijk opvullingen van "kuilen" zijn in het onderliggende keileempakket.

4.3.6. Dikte van het onderliggende zandpakket

In kaart 6 van de bijlage is de dikte van het onderliggende zandpakket aangegeven. De dikte varieert van een paar cm in het midden van het perceel tot 170 cm in het noordelijk gedeelte en langs de westelijke rand van het veld.

Uit de vergelijking van kaart 5 en 6 blijkt dat ze in patroon niet 1 op 1 overeen komen. Dit houdt in dat de verschillen in zanddikte niet alleen worden veroorzaakt doordat de onderkant van het zand hoger ligt.
Dit is b.v. het geval in het midden van het veld: de onderkant van het zand ligt ondieper en daar is het zand ook dunner.
De dikteverschillen worden op andere plaatsen ook veroorzaakt doordat de bovenkant van het zand hoger komt (zandruggen). Dit is het geval in het noorden en langs de zuidwestelijke rand van het veld waar de bovenkant van het zand hoog ligt (zie kaart 3 van de bijlage: diepte onderkant veen=bovenkant zand) en dat daardoor het zand daar ook dik is (zie ook de beschrijving in paragraaf 4.3.4).

Onder het zand ligt keileem. Dit is aangeboord in boring 7 en in boring 6 en 9 (gemengd met zand). Dit is in de radarprofielen duidelijk te zien (zie paragraaf 4.1.1) omdat in het zand zeer veel structuur in het radarbeeld te zien is (korrelig beeld), maar dat onder het zand het radarsignaal door de keileem snel weggevangen wordt zodat er geen signaal terug komt in de ontvanger (afhankelijk van de verhouding tussen de hoeveelheid leem, stenen en keien). Dit resulteert in een uniform grijs beeld in de radar zonder veel structuur. Wel zijn de grotere keien nog goed te herkennen als grote hyperbolen in de radar.

Op een aantal plaatsen is onder in het zand nog een drainagesyteem te zien (zie paragraaf 4.3.7). Dit ligt normaal gesproken boven de vaste keileem maar het feit dat sommige buizen dieper liggen geeft aan dat het bovenste gedeelte van de keileem op diverse plaatsen sterk zandig kan zijn. Dit is nog vaag in de radar te zien omdat op die plaatsen beneden de geïnterpreteerde onderkant van het zand wat meer structuur in het radarbeeld lijkt te zitten.

4.3.7. Positie en diepte van drainagebuizen

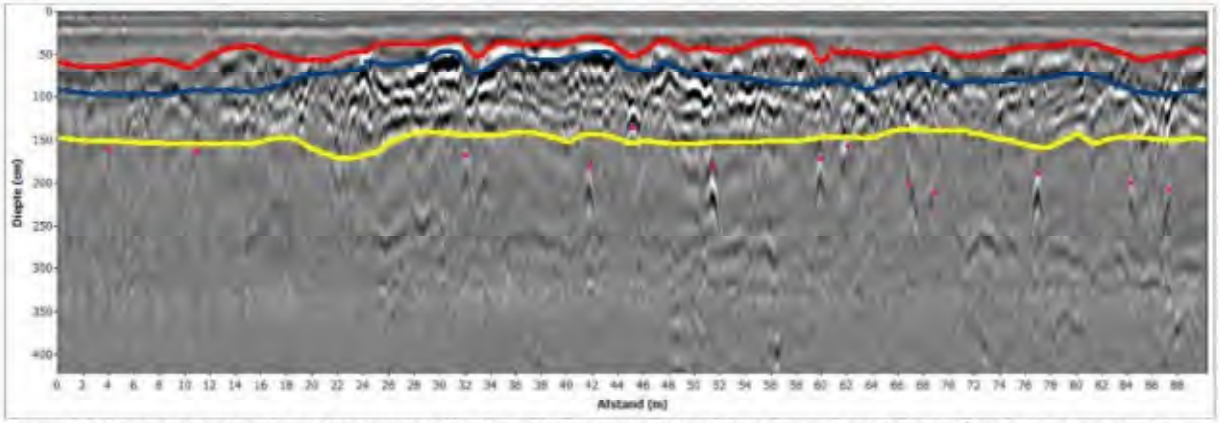
In kaart 7 van de bijlage wordt de positie en diepte van diverse drainagebuizen weergegeven voor zover zichtbaar in de radarbeelden (voor een radarvoorbeeld zie Figuur 11). De buizen lijken hoofdzakelijk in de breedte richting van het veld te lopen (ZW-NO) en op een diepte te liggen tussen 1 - 3.2 meter - mv. en op een onderlinge horizontale afstand van 10 meter.

De drainagebuizen zijn vooral goed zichtbaar in het zuidwestelijke deel van het perceel, maar ook langs de westelijk rand zijn ze goed zichtbaar.

Verder lijken de buizen in twee lagen te zijn aangelegd: een bovenste laag tussen 100-150 cm -mv. en een onderste laag rond de 2 meter -mv. (blauwe stippen).

Van het bovenste drainagesysteem lijkt de diepte van de buizen van ZW naar NO toe te nemen (rode-gele stippen).

Het drainagesysteem zal hoofdzakelijk onderin het zand liggen en dus boven het niveau waar volgens de interpretatie de keileem begint. Maar een aantal dieper gelegen buizen kan duiden op het feit dat op die plaats het bovenste gedeelte van de keileem nog erg zandig is. Dit is soms moeilijk te zien in de radar.



Figuur 11: Gemeten radarlijn met interpretatie: De gele doorgetrokken lijn is bovenkant keileem/onderkant zand; de blauwe doorgetrokken lijn is de onderkant veen; de rode doorgetrokken lijn is onderkant toplaag/bovenkant veen. De paarse markers tussen 130-200 cm -mv op de toppen van de hyperbolen geven de locatie en de diepte van drainagebuizen aan. Ze liggen overwegend op een regelmatige horizontale afstand van 10 meter.

4.3.8. Profielen en boringen

In bijlage 8 zijn 4 profielen uit het meetgebied weergegeven in 4 verschillende samengestelde figuren

-8a Lengteprofiel (richting NZ) door het midden van het perceel met de boringen 7 en 8 op de profiellijn.
-8b Dwarsprofiel 1 (richting WO) in het zuiden van het perceel met boring 6 op de profiellijn.
-8c Dwarsprofiel 2 (richting WO) in het midden van het perceel boring 7 op de profiellijn.
-8d Dwarsprofiel 3 (richting WO) in het noorden van het perceel boring 9 op de profiellijn.

De samengestelde figuren bevatten een radarprofiel met interpretatie van de laagovergangen (gekleurde lijnen) en de boringen die op de profiellijn liggen (verticale staafjes met boornummer erboven). Daaronder staat hetzelfde profiel maar dan als plaatje van de geïnterpreteerde bodemopbouw: Rood=toplaag; zwart=veen; geel=zand; wit=(zandige) keileem.

De legenda van de interpretatie van de laagovergangen in de radarprofielen staat rechtsboven naast het radarbeeld: Rood=onderkant van de toplaag; Zwart=onderkant veen; Geel=onderkant onderliggend zand/bovenkant (zandige) keileem.

De boorbeschrijving van de boringen staat bovenaan de figuur in een kader; de lagen zijn vanaf het maaiveld achtereenvolgens genummerd van 1 t/m 5 en verwijzen naar de witte nummers naast de boorstaafjes zowel in het radarprofiel als in het onderliggende plaatje:
1 Geel: toplaag met bouwvoor.
2 Zwart: Veen.
3 Bruin: Veen, mineraalarm.
4 Geel: onderliggend zand.
5 Groen: kleileem (meer- of minder zandig).

Verder zijn de originele figuren met bijbehorende boorbeschrijvingen opgenomen uit de bijlage van het gebruikte rapport van B-WARE (*Bodemchemisch onderzoek Reutum, conceptrapportage, Rapportnr. RP-20-028-20-48, 15-05-2020, Onderzoekscentrum B-WARE BV*).

5 Conclusies

In onze aanpak hebben wij twee meetsystemen ingezet: een grondradar voor een nauwkeurige meting maar met een beperkte indringingsdiepte, en een gammaspectrometer voor het klei/lutum gehalte in de toplaag (0-30 cm)

Met het onderzoek met de grondradar kon de dikte van de toplaag nauwkeurig in beeld gebracht worden en in kaart gebracht. Hiervan is vervolgens een nagenoeg vlak dekkend beeld gemaakt. Met behulp van het geproduceerde raster (rasterafstand 1 meter) is berekend dat het totale oppervlak van het veld **36417 m²** is. Het totale volume van de toplaag is **13118 m³**.

Verder was goed zichtbaar in de radar waar veen en onderliggend zand aanwezig is en is tevens de dikte van deze twee pakketten berekend.

Met het onderzoek met de gammadetector is een nagenoeg vlak dekkende kaart gemaakt van het lutumgehalte van de bovenste 30 cm van de bodem (in dit geval de toplaag). De lutumkaart laat zeer waarschijnlijk het patroon zien van een oud meanderend beekje of riviertje.

Voor het bepalen van de dikte van de toplaag, van de aanwezigheid/dikte van een veen- en zandpakket en voor de diepteligging van de top van het keileem is gebleken dat de inzet van een grondradar en de gammaspectrometer goede resultaten heeft opgeleverd.

Bijlage: Kaarten

Beschrijving kaarten	Kaartnummer
Meetlijnen	1
Dikte toplaag	2a
Lutum % toplaag	2b
Diepte onderkant toplaag in meter + NAP	2c
Diepte onderkant veen in cm -mv.	3a
Diepte onderkant veen in cm NAP	3b
Dikte veen	4
Diepte onderkant zand / bk keileem in cm -mv.	5a
Diepte onderkant zand / bk keileem in cm NAP	5b
Dikte zand	6
Drainagebuizen	7
Profielen en boringen	8

Radar Meetlijnen

Legenda

- Meetlijnen
- boringen

Disclaimer
Deze informatie is gebaseerd op non-destructieve metingen. De aannames en eventuele onzekerheden staan in de bijbehorende rapportage beschreven.

Weustendijk Reutum

schaal 1:2000

0 25 50 m

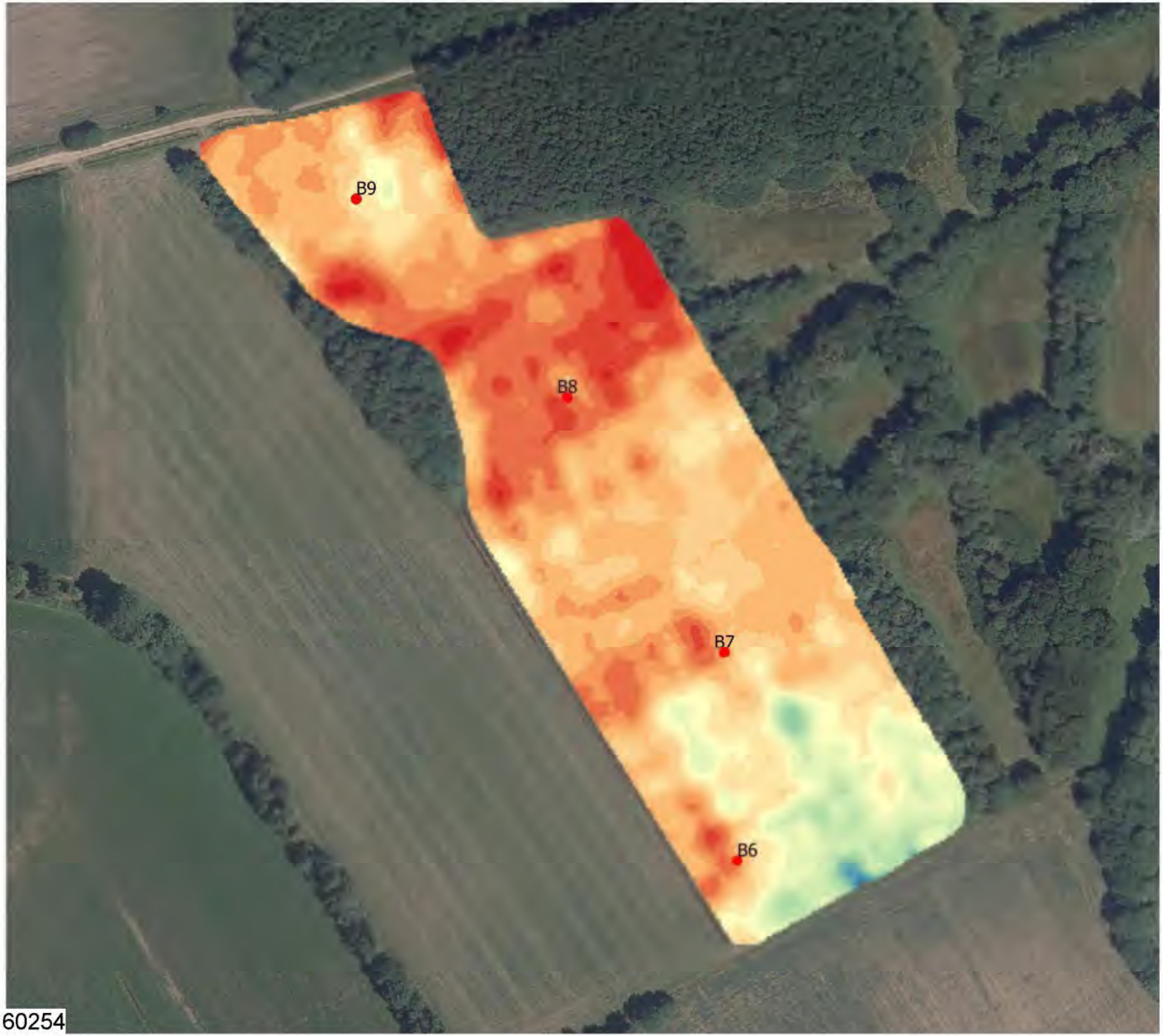
Kaartinformatie

Opdrachtgever		
Staatsbosbeheer		
Datum opname	**Projectcode**	**Kaartnummer**
23 juni 2020	2020-P-693	1-A4-Landscape
Auteur	**Rivisie**	**Projectie**
[redacted]	V1	RD (m)

medusa
de bodem beter in beeld
www.medusa-online.com

60254

0043



Dikte toplaag

Legenda

Dikte toplaag in cm

- 16- 20
- 20 - 24
- 24 - 28
- 28 - 32
- 32 - 37
- 37 - 41
- 41 - 45
- 45 - 49
- 49 - 54
- 54 - 58
- 58 - 62
- 62 - 66
- 70 - 75
- 75 - 78
- boringen

Disclaimer
Deze informatie is gebaseerd op non-destructieve metingen. De aannames en eventuele onzekerheden staan in de bijbehorende rapportage beschreven.

Weustendijk Reutum

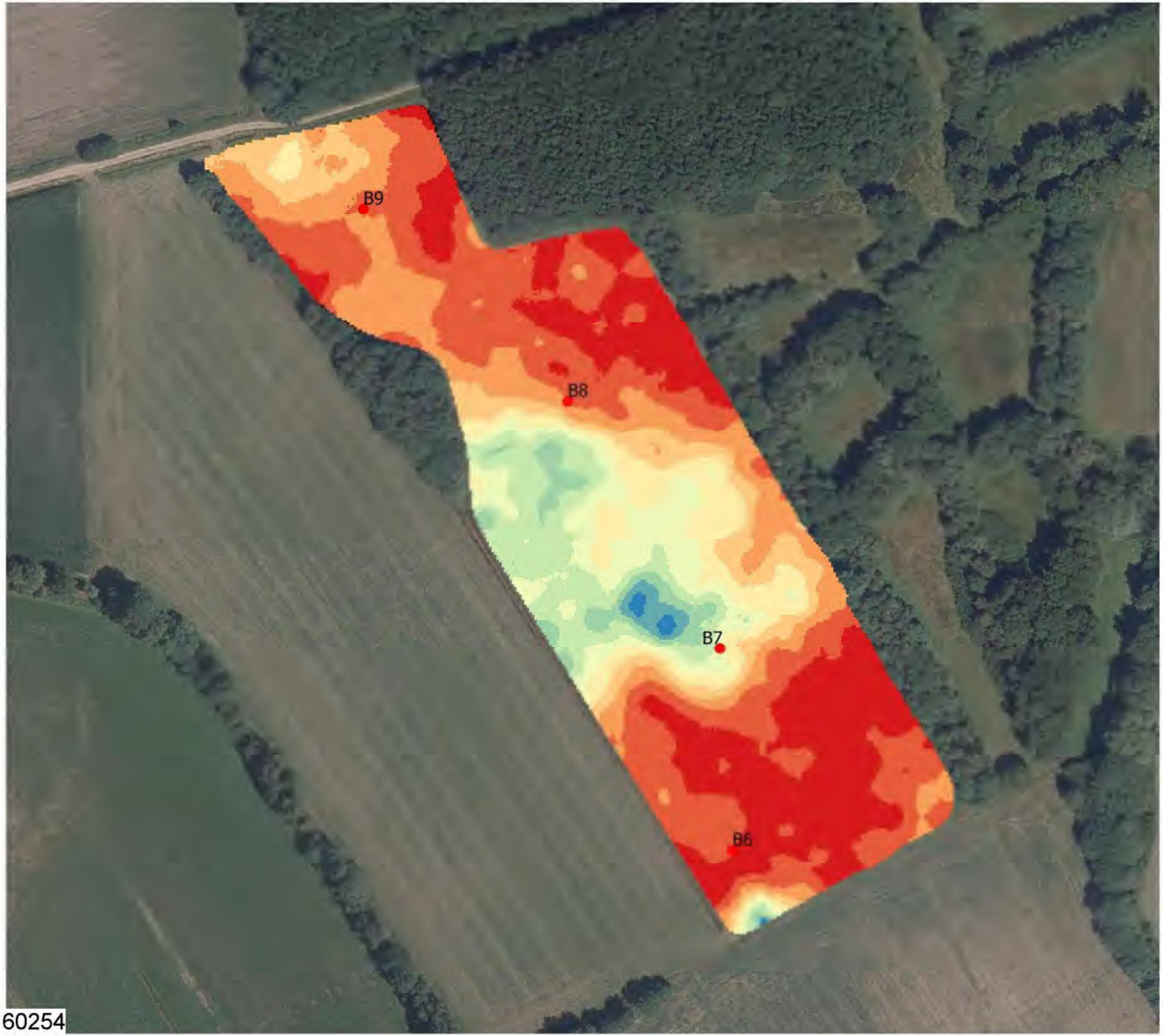
schaal 1:2000

0 25 50 m

Kaartinformatie

Opdrachtgever		
Staatsbosbeheer		
Datum opname	**Projectcode**	**Kaartnummer**
23 juni 2020	2020-P-693	2a-A4-Landscape
Auteur	**Rivisie**	**Projectie**
[illegible]	V1	RD (m)

medusa
de bodem beter in beeld
www.medusa-online.com



Iutum

Legenda

Lutum % (toplaag 30 cm)

- 2.5 - 3
- 3 - 3.5
- 3.5 - 4
- 4 - 4.5
- 4.5 - 5
- 5 - 5.5
- 5.5 - 6
- 6 - 6.5
- 6.5 - 7
- 7 - 7.5
- boringen

Disclaimer
Deze informatie is gebaseerd op non-destructieve metingen. De aannames en eventuele onzekerheden staan in de bijbehorende rapportage beschreven.

Weustendijk Reutum

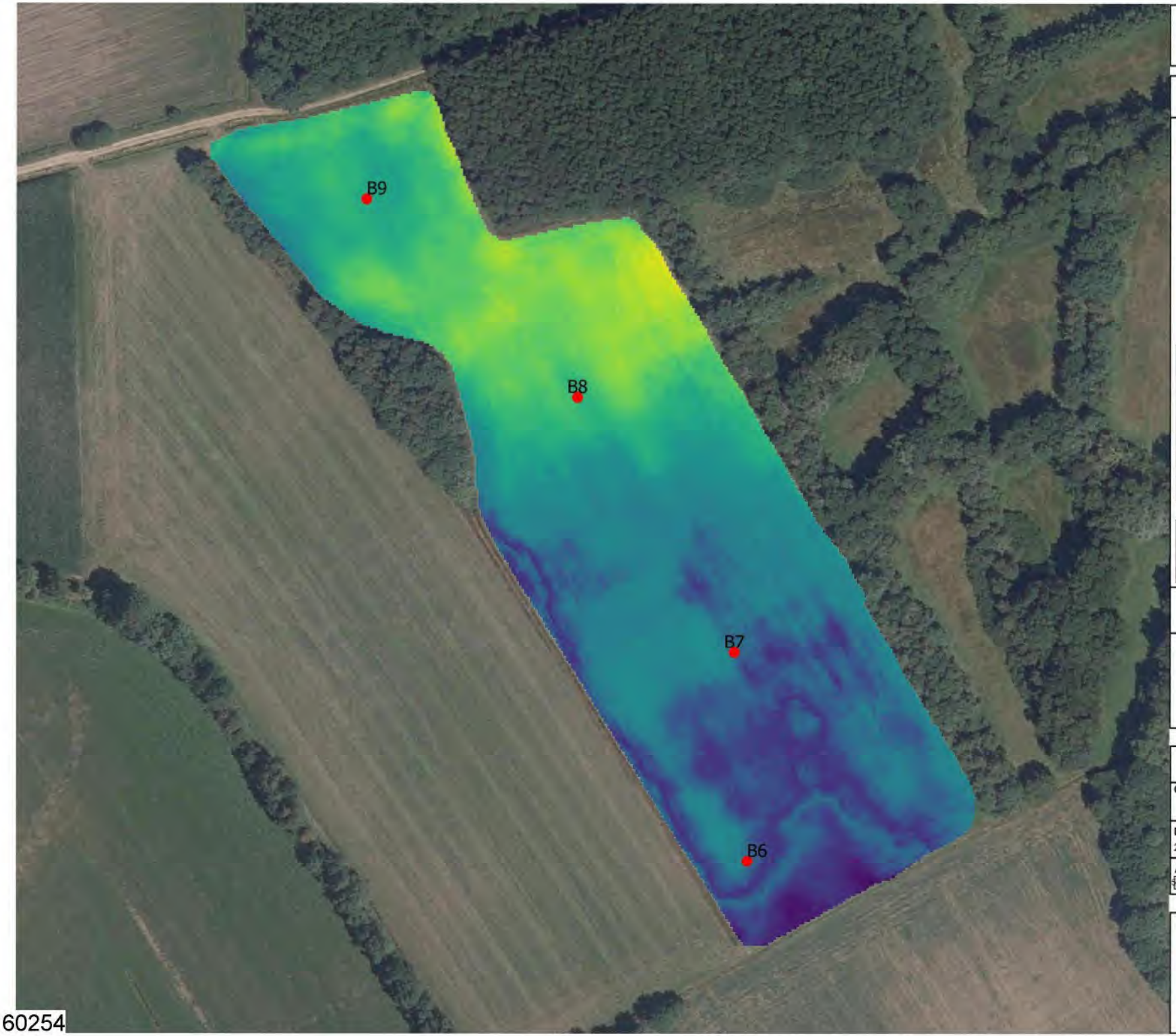
schaal 1:2000

0 25 50 m

Kaartinformatie

Opdrachtgever		
Staatsbosbeheer		
Datum opname	**Projectcode**	**Kaartnummer**
23 juni 2020	2020-P-693	2b-A4-Landscape
Auteur	**Rivisie**	**Projectie**
[illegible]	V1	RD (m)

medusa
de bodem beter in beeld
www.medusa-online.com



Diepte onderkant toplaag NAP

Legenda

Diepte onderkant toplaag in meter + NAP

17.2	18.3
17.4	18.4
17.6	18.5
17.7	18.6
17.8	18.7
17.9	18.8
18.0	18.9
18.2	boringen

Disclaimer
Deze informatie is gebaseerd op non-destructieve metingen. De aannames en eventuele onzekerheden staan in de bijbehorende rapportage beschreven.

Weustendijk Reutum

schaal 1:2000

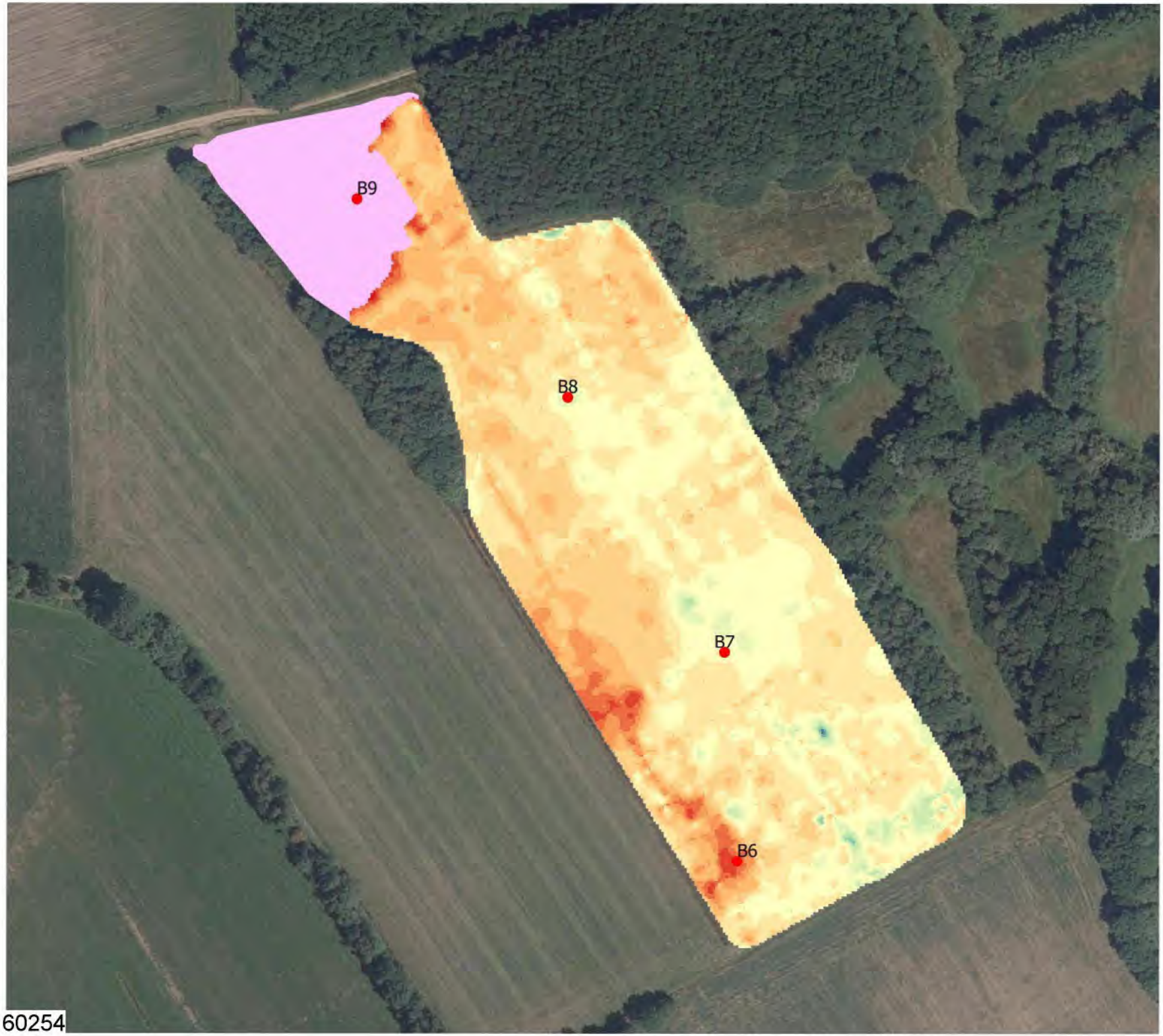
0 25 50 m

Kaartinformatie

Opdrachtgever
Staatsbosbeheer

Datum opname	Projectcode	Kaartnummer
23 juni 2020	2020-P-693	2c-A4-Landscape
Auteur	**Rivisie**	**Projectie**
[illegible]	V1	RD (m)

medusa
de bodem beter in beeld
www.medusa-online.com



Diepte onderkant veen

Legenda

Diepte onderkant veen in cm -mv.

- 0 - 32
- 32 - 42
- 42 - 52
- 52 - 62
- 62 - 72
- 72 - 82
- 82 - 92
- 92 - 102
- 102 - 112
- 112 - 122
- 122 - 132
- 132 - 142
- 152 - 162
- 162 - 172
- Geen veen aanwezig
- boringen

Disclaimer
Deze informatie is gebaseerd op non-destructieve metingen. De aannames en eventuele onzekerheden staan in de bijbehorende rapportage beschreven.

Weustendijk Reutum

schaal 1:2000

0 25 50 m

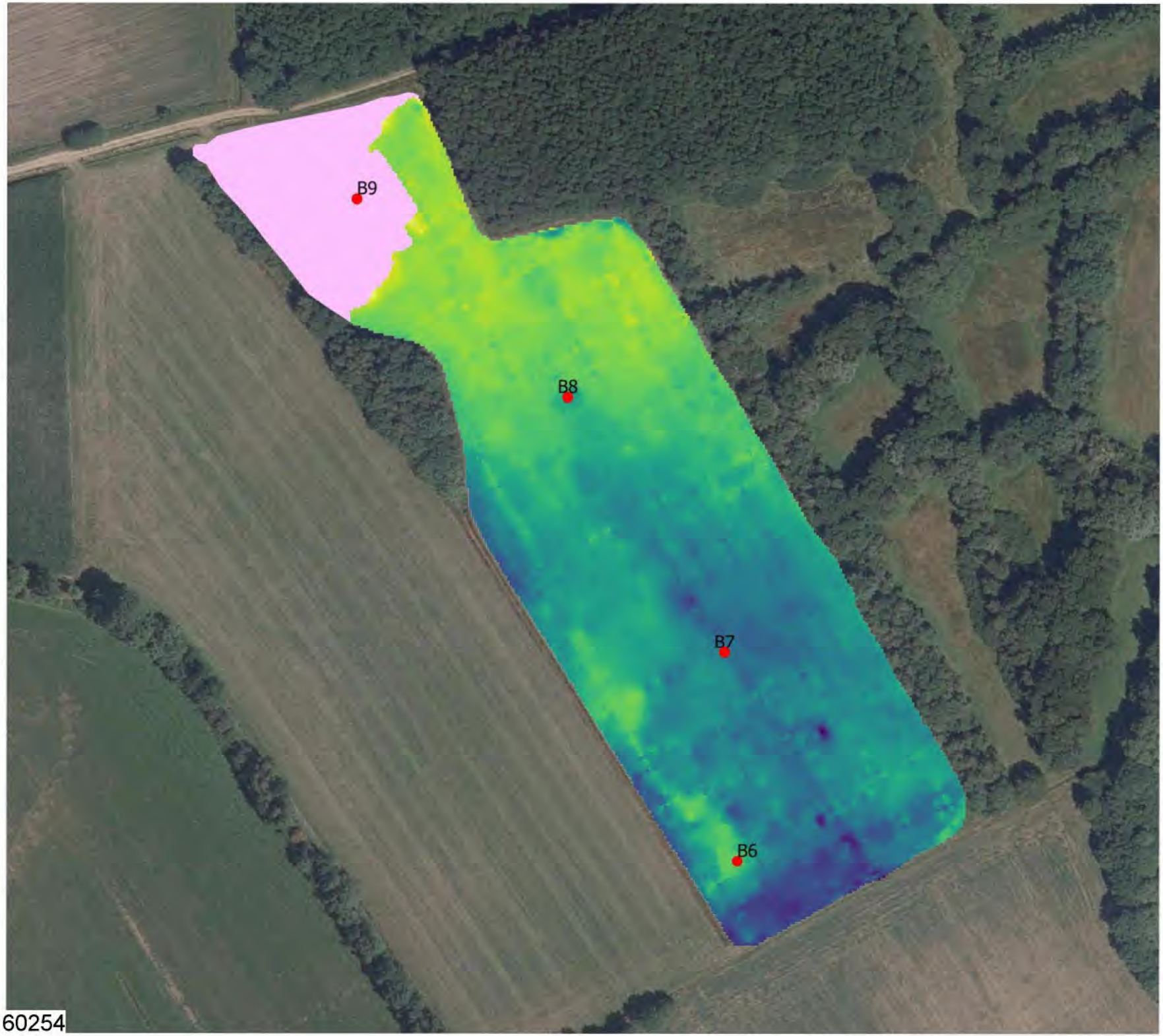
Kaartinformatie

Opdrachtgever		
Staatsbosbeheer		
Datum opname	**Projectcode**	**Kaartnummer**
23 juni 2020	2020-P-693	3a-A4-Landscape
Auteur	**Rivisie**	**Projectie**
[illegible]	V1	RD (m)

medusa
de bodem beter in beeld
www.medusa-online.com

60254

0043



Diepte onderkant veen NAP

Legenda

Diepte onderkant veen in meter + NAP

16.6	17.8
16.8	18.0
17.0	18.2
17.1	18.4
17.2	18.6
17.3	18.7
17.4	Geen veen aanwezig
17.6	boringen
17.7	

Disclaimer
Deze informatie is gebaseerd op non-destructieve metingen. De aannames en eventuele onzekerheden staan in de bijbehorende rapportage beschreven.

Weustendijk Reutum

schaal 1:2000

0 25 50 m

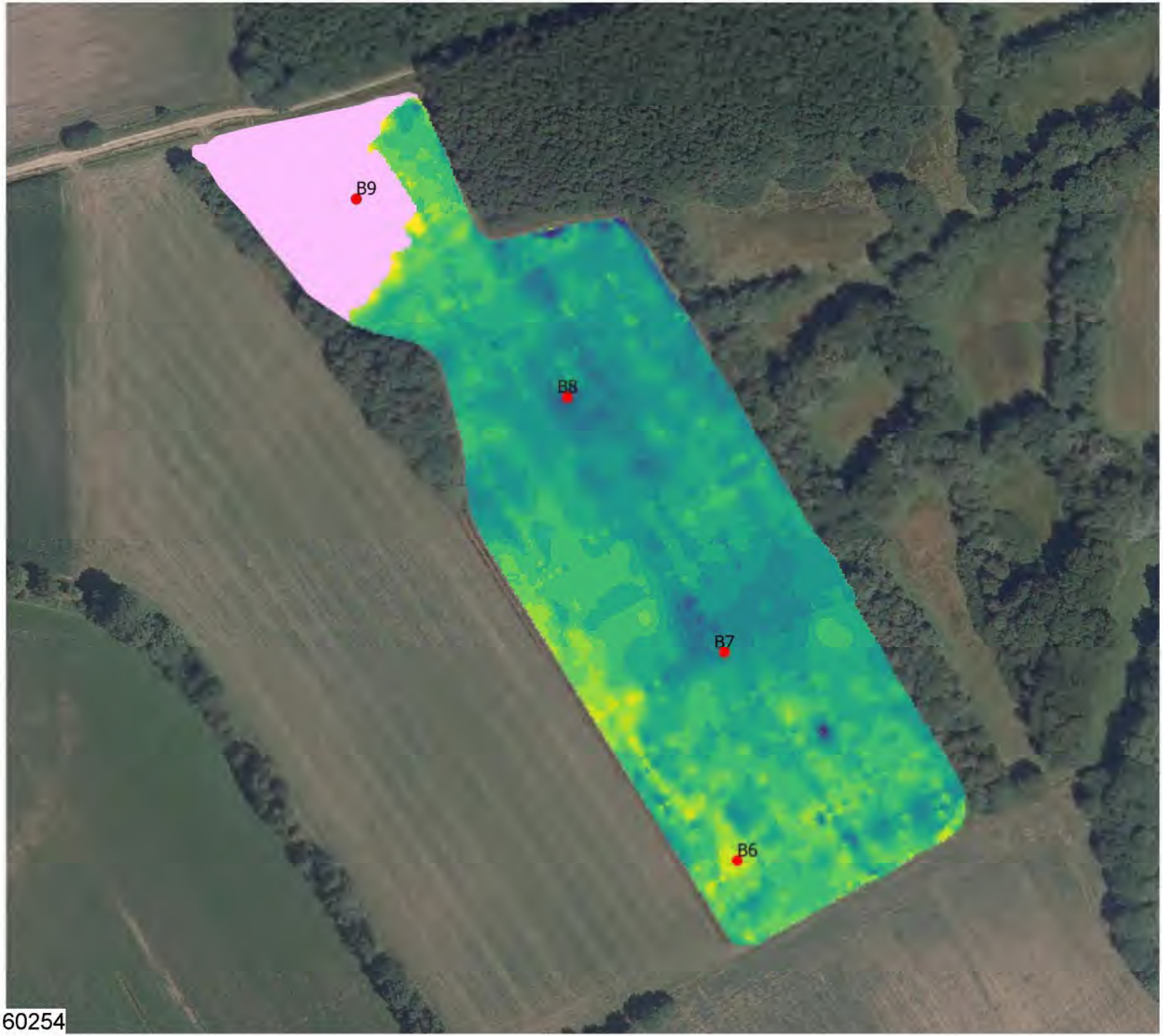
Kaartinformatie

Opdrachtgever Staatsbosbeheer		
Datum opname 23 juni 2020	**Projectcode** 2020-P-693	**Kaartnummer** 3b-A4-Landscape
Auteur	**Rivisie** V1	**Projectie** RD (m)

medusa
de bodem beter in beeld
www.medusa-online.com

60254

0043



Dikte veen

Legenda

Dikte veen in cm.

- 0 - 8
- 8 - 17
- 17 - 26
- 26 - 35
- 35 - 44
- 44 - 53
- 53 - 62
- 62 - 70
- 70 - 79
- 79 - 88
- 88 - 97
- 97 - 106
- 115 - 122
- Geen veen aanwezig
- boringen

Disclaimer
Deze informatie is gebaseerd op non-destructieve metingen. De aannames en eventuele onzekerheden staan in de bijbehorende rapportage beschreven.

Weustendijk Reutum

schaal 1:2000

0 25 50 m

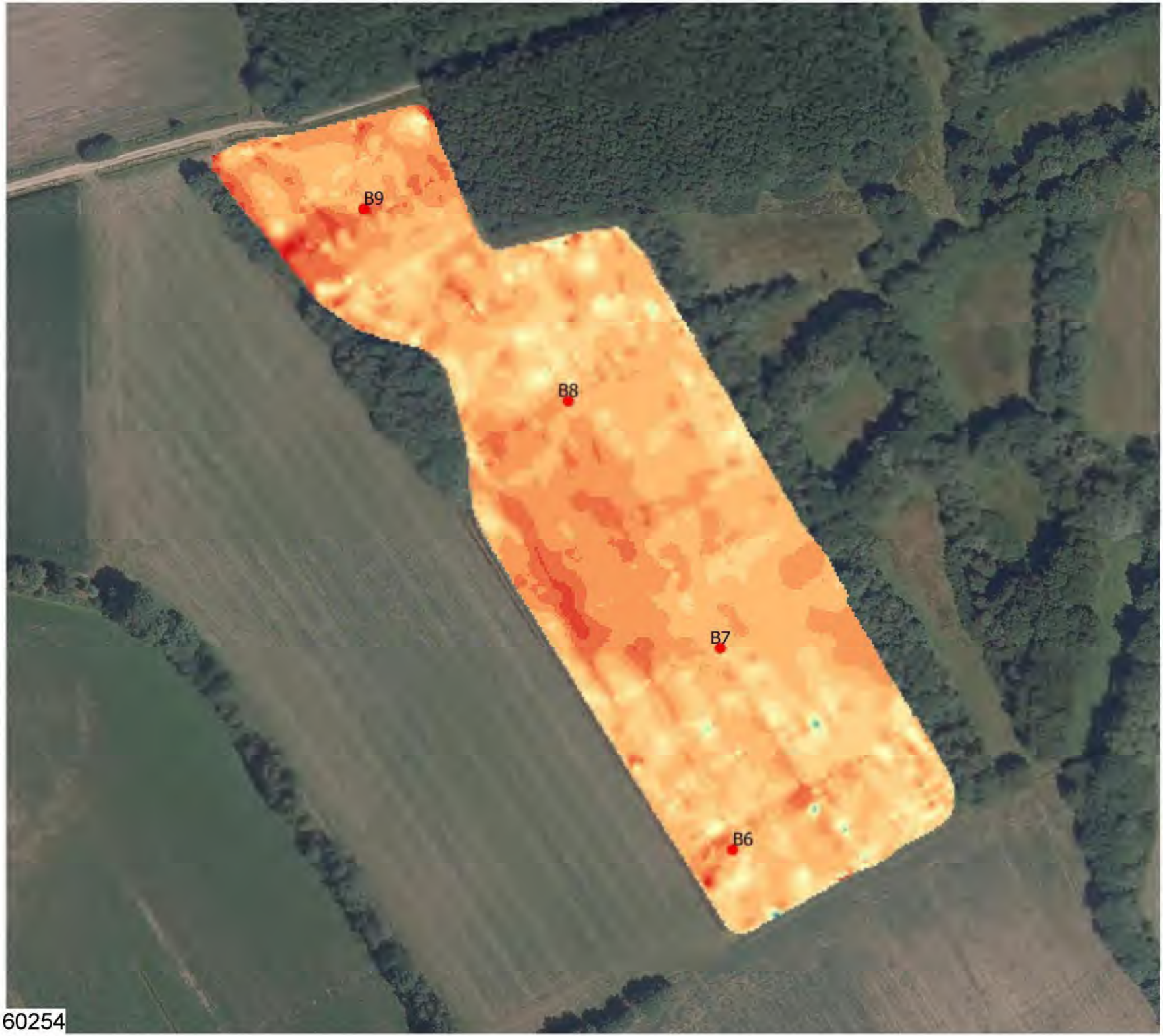
Kaartinformatie

Opdrachtgever		
Staatsbosbeheer		
Datum opname	**Projectcode**	**Kaartnummer**
23 juni 2020	2020-P-693	4-A4-Landscape
Auteur	**Rivisie**	**Projectie**
[1.2]	V1	RD (m)

medusa
de bodem beter in beeld
www.medusa-online.com

60254

0043



Onderkant zand / bovenkant keileem

Legenda

Diepte ok zand/bk keileem in cm -mv.

83 - 106	186 - 198
106 - 117	198 - 209
117 - 129	209 - 221
129 - 140	221 - 232
140 - 152	232 - 244
152 - 163	244 - 255
163 - 175	255 - 267
175 - 186	boringen

Disclaimer
Deze informatie is gebaseerd op non-destructieve metingen. De aannames en eventuele onzekerheden staan in de bijbehorende rapportage beschreven.

Weustendijk Reutum

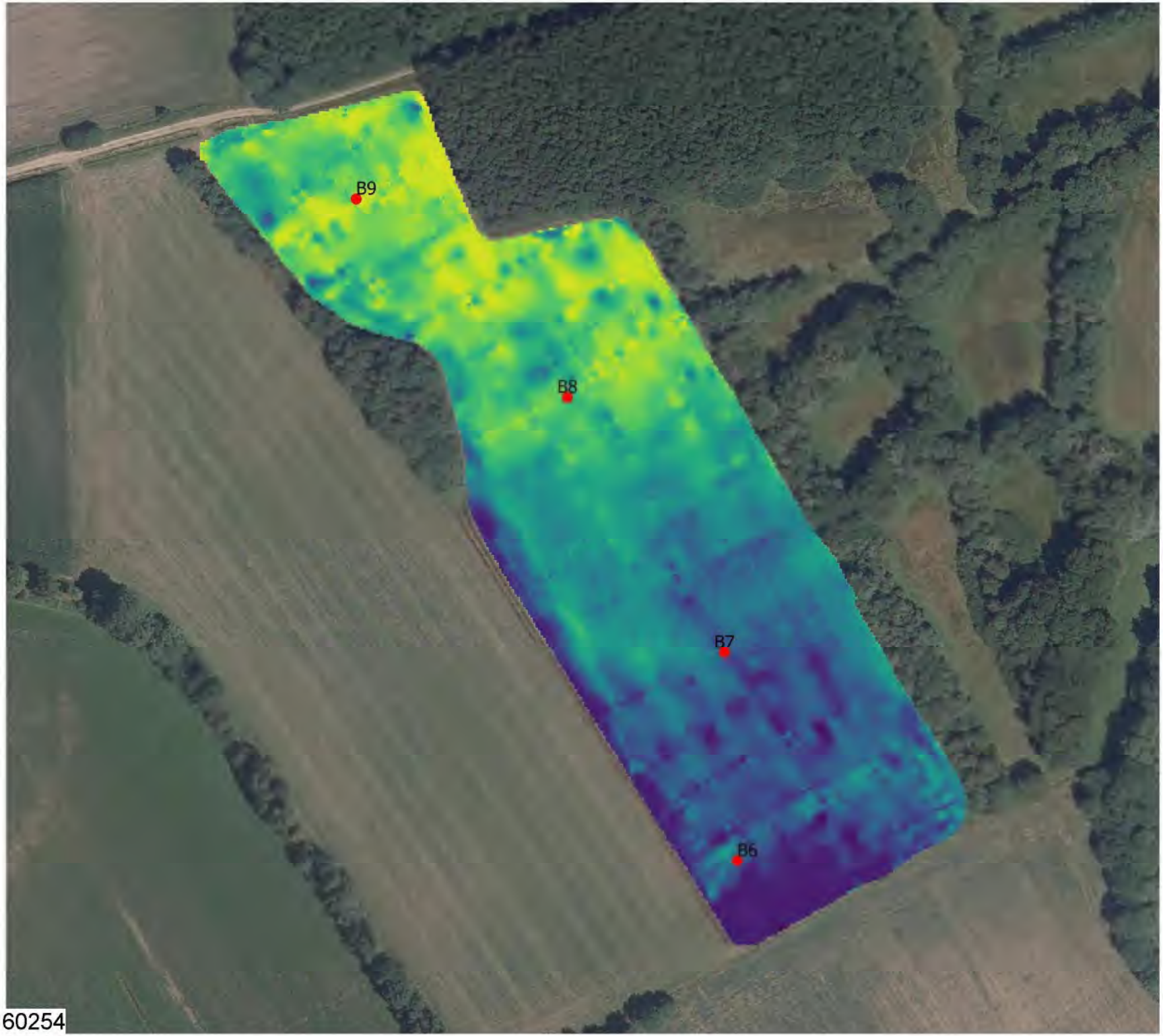
schaal 1:2000

0 25 50 m

Kaartinformatie

Opdrachtgever Staatsbosbeheer		
Datum opname 23 juni 2020	**Projectcode** 2020-P-693	**Kaartnummer** 5a-A4-Landscape
Auteur [1 2]	**Rivisie** V1	**Projectie** RD (m)

medusa
de bodem beter in beeld
www.medusa-online.com



Diepte onderkant zand NAP

Legenda

Diepte onderkant zand in meter + NAP

15.0	17.3
16.6	17.4
16.7	17.5
16.8	17.9
16.9	boringen
17.0	
17.1	
17.2	

Disclaimer
Deze informatie is gebaseerd op non-destructieve metingen. De aannames en eventuele onzekerheden staan in de bijbehorende rapportage beschreven.

Weustendijk Reutum

schaal 1:2000

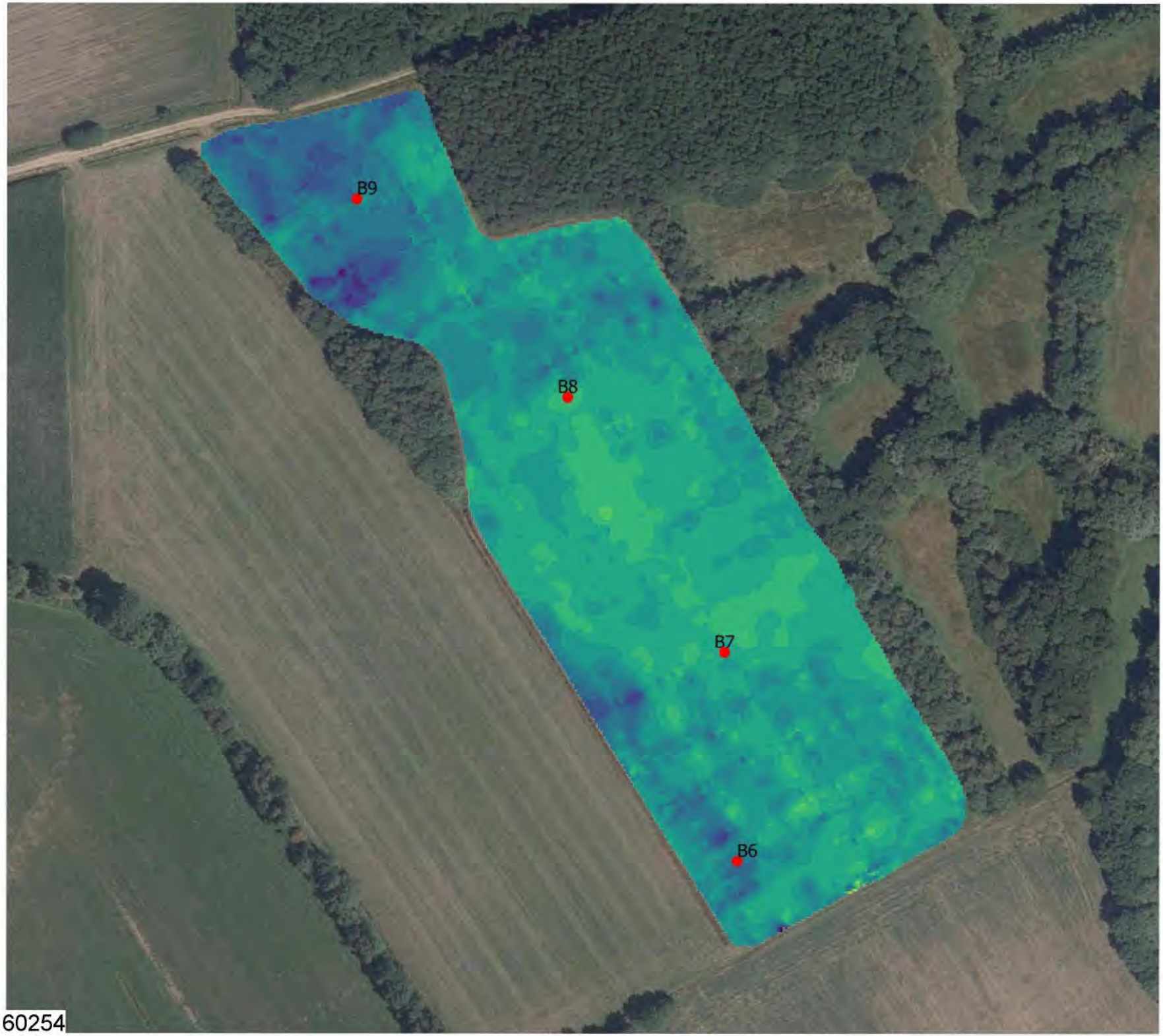
0 25 50 m

Kaartinformatie

Opdrachtgever Staatsbosbeheer		
Datum opname 23 juni 2020	**Projectcode** 2020-P-693	**Kaartnummer** 5b-A4-Landscape
Auteur [1.2]	**Rivisie** V1	**Projectie** RD (m)

medusa
de bodem beter in beeld
www.medusa-online.com

60254 0043



Dikte zand

Legenda

Dikte zand in cm.

0 - 3	101 - 115
3 - 17	115 - 129
17 - 31	129 - 143
31 - 45	143 - 157
45 - 59	157 - 171
59 - 73	171 - 185
73 - 87	boringen
87 - 101	

Disclaimer
Deze informatie is gebaseerd op non-destructieve metingen. De aannames en eventuele onzekerheden staan in de bijbehorende rapportage beschreven.

Weustendijk Reutum

schaal 1:2000

0 25 50 m

Kaartinformatie

Opdrachtgever Staatsbosbeheer		
Datum opname 23 juni 2020	**Projectcode** 2020-P-693	**Kaartnummer** 6-A4-Landscape
Auteur	**Rivisie** V1	**Projectie** RD (m)

medusa
de bodem beter in beeld
www.medusa-online.com

60254

0043

Drainagebuizen

Legenda

Diepte drainage buizen in cm -mv.

- 102 - 136
- 136 - 163
- 163 - 182
- 182 - 202
- 202 - 325
- boringen

Disclaimer
Deze informatie is gebaseerd op non-destructieve metingen. De aannames en eventuele onzekerheden staan in de bijbehorende rapportage beschreven.

Weustendijk Reutum

schaal 1:2000

0 25 50 m

Kaartinformatie

Opdrachtgever		
Staatsbosbeheer		
Datum opname	**Projectcode**	**Kaartnummer**
23 juni 2020	2020-P-693	7-A4-Landscape
Auteur	**Rivisie**	**Projectie**
[redacted]	V2	RD (m)

medusa
de bodem beter in beeld
www.medusa-online.com

Bijlage 8 Profielen en boringen

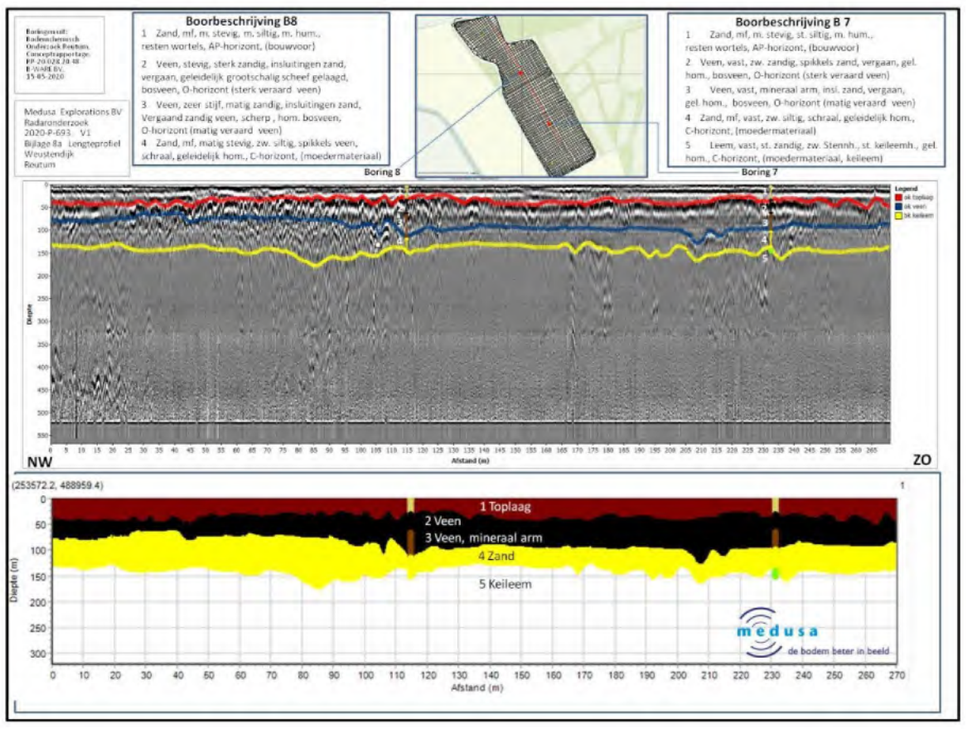
In bijlage 8 zijn 4 profielen uit het meetgebied weergegeven in 4 verschillende samengestelde figuren
-8a Lengteprofiel (richting NZ)met de boringen 7 en 8 op de profiellijn.
-8b Dwarsprofiel 1 (richting WO) in het zuiden van het ingemeten perceel.
-8c Dwarsprofiel 2 (richting WO) in het midden van het ingemeten perceel.
-8d Dwarsprofiel 3 (richting WO) in het noorden van het ingemeten perceel.

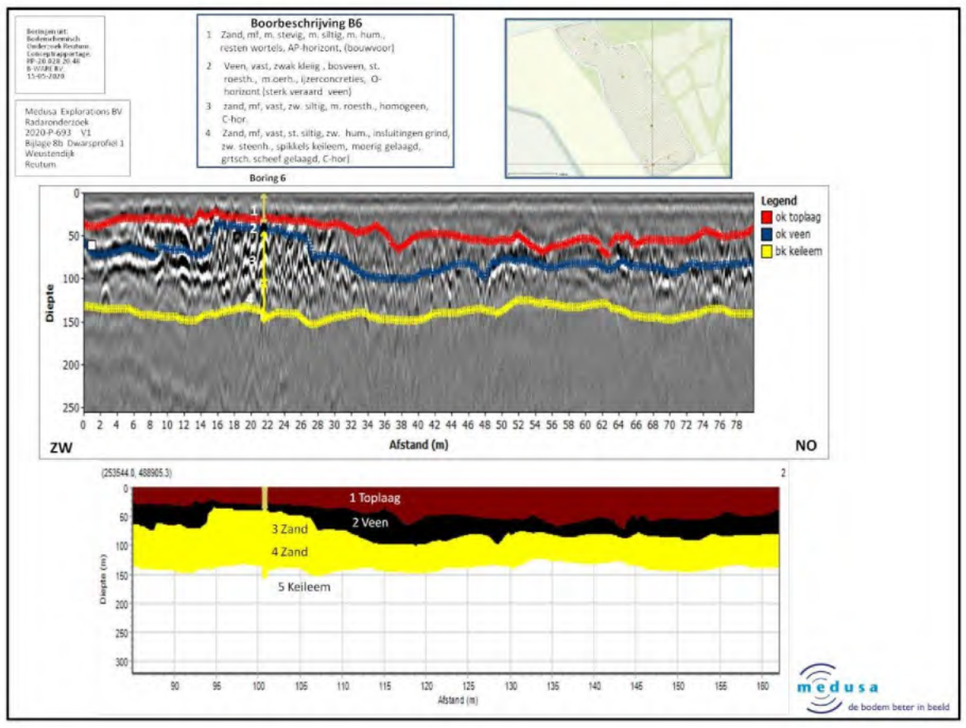
De figuren bevatten een radarprofiel met interpretatie van de laagovergangen (gekleurde lijnen) en de boringen die op de profiellijn liggen (vertikale staafjes met boornummer erboven).
Daaronder staat hetzelfde profiel maar dan als plaatje van de geïnterpreteerde bodemopbouw: Rood=toplaag; zwart=veen; geel=zand; wit=(zandige) keileem.

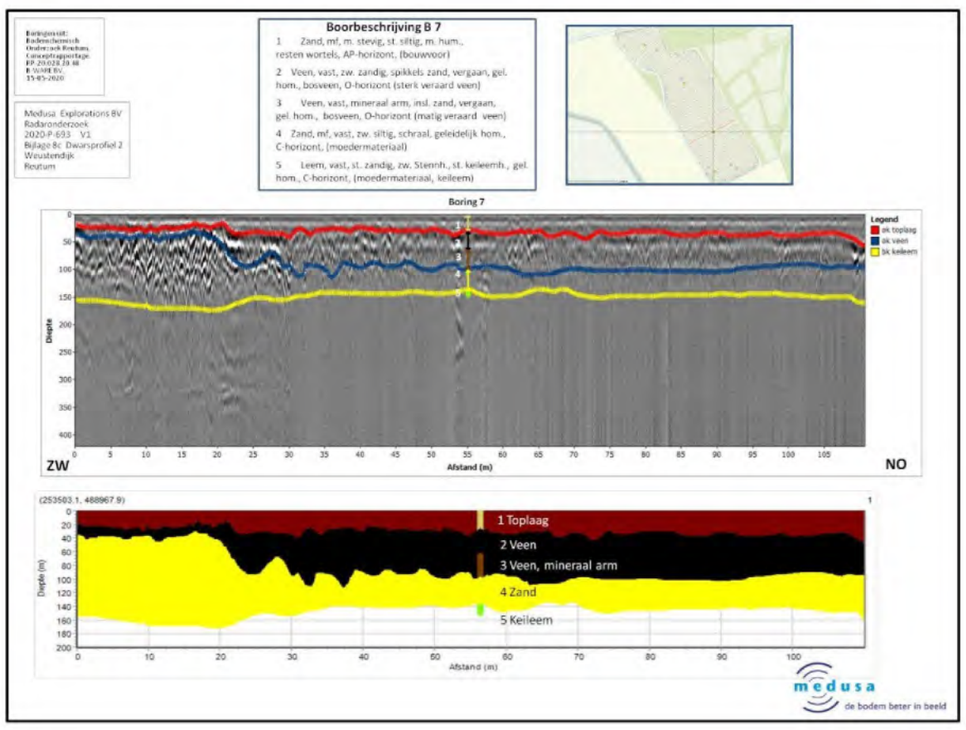
De legenda van de interpretatie van de laagovergangen in de radarprofielen staat rechtsboven naast het radarbeeld: Rood=onderkant van de toplaag; Zwart=onderkant veen; Geel=onderkant onderliggend zand/bovenkant (zandige) keileem.

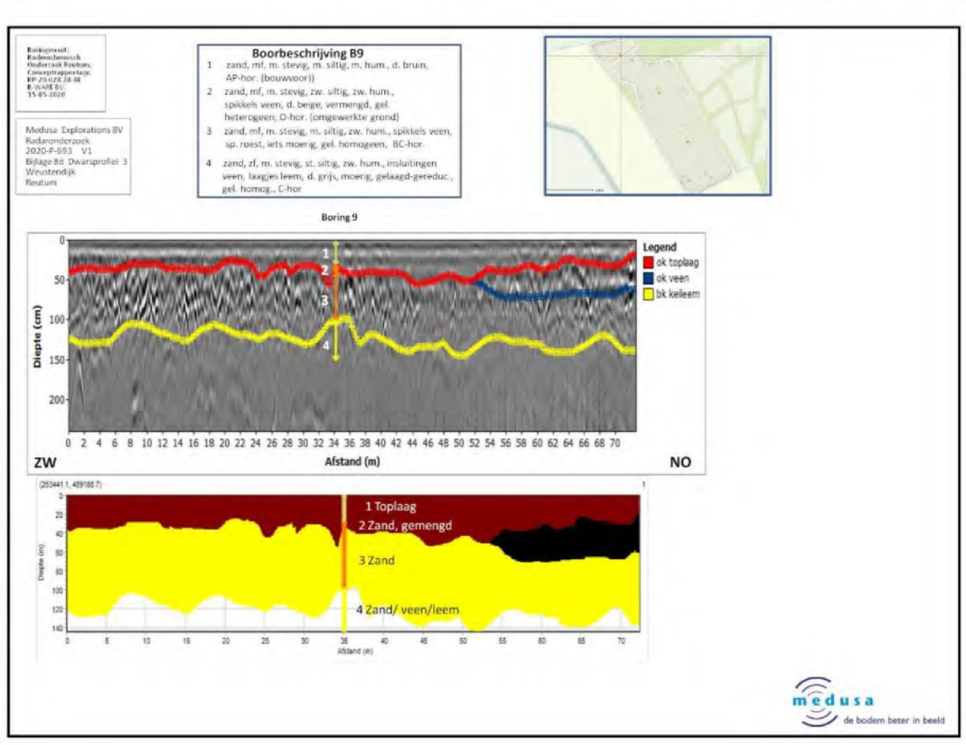
De boorbeschrijving van de boringen staat bovenaan de figuur in een kader; de lagen zijn vanaf het maaiveld achtereenvolgens genummerd van 1 t/m 5 en verwijzen naar de witte nummers naast de boorstaafjes zowel in het radarprofiel als in het onderliggende plaatje:
1 Geel: toplaag met bouwvoor.
2 Zwart: Veen.
3 Bruin: Veen, mineraalarm.
4 Geel: onderliggend zand.
5 Groen: kleileem (meer- of minder zandig).

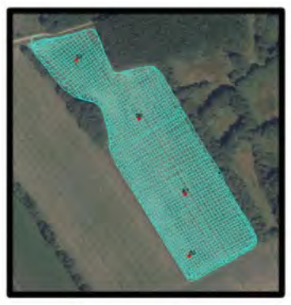
Verder zijn de originele figuren met bijbehorende boorbeschrijvingen opgenomen uit de bijlage van het gebruikte rapport van B-WARE (Bodemchemisch onderzoek Reutum, conceptrapportage, Rapportnr. RP-20-028-20-48, 15-05-2020, Onderzoekscentrum B-WARE BV).











Boring: 6
X: 253558,00
Y: 488912,00
Datum: 16-3-2020

Boring: 7
X: 253553,0
Y: 488993,0
Datum: 16-3-2020
Boormeester: 5.1.2e
GWS: 30
GHG: 20
GLG: 90

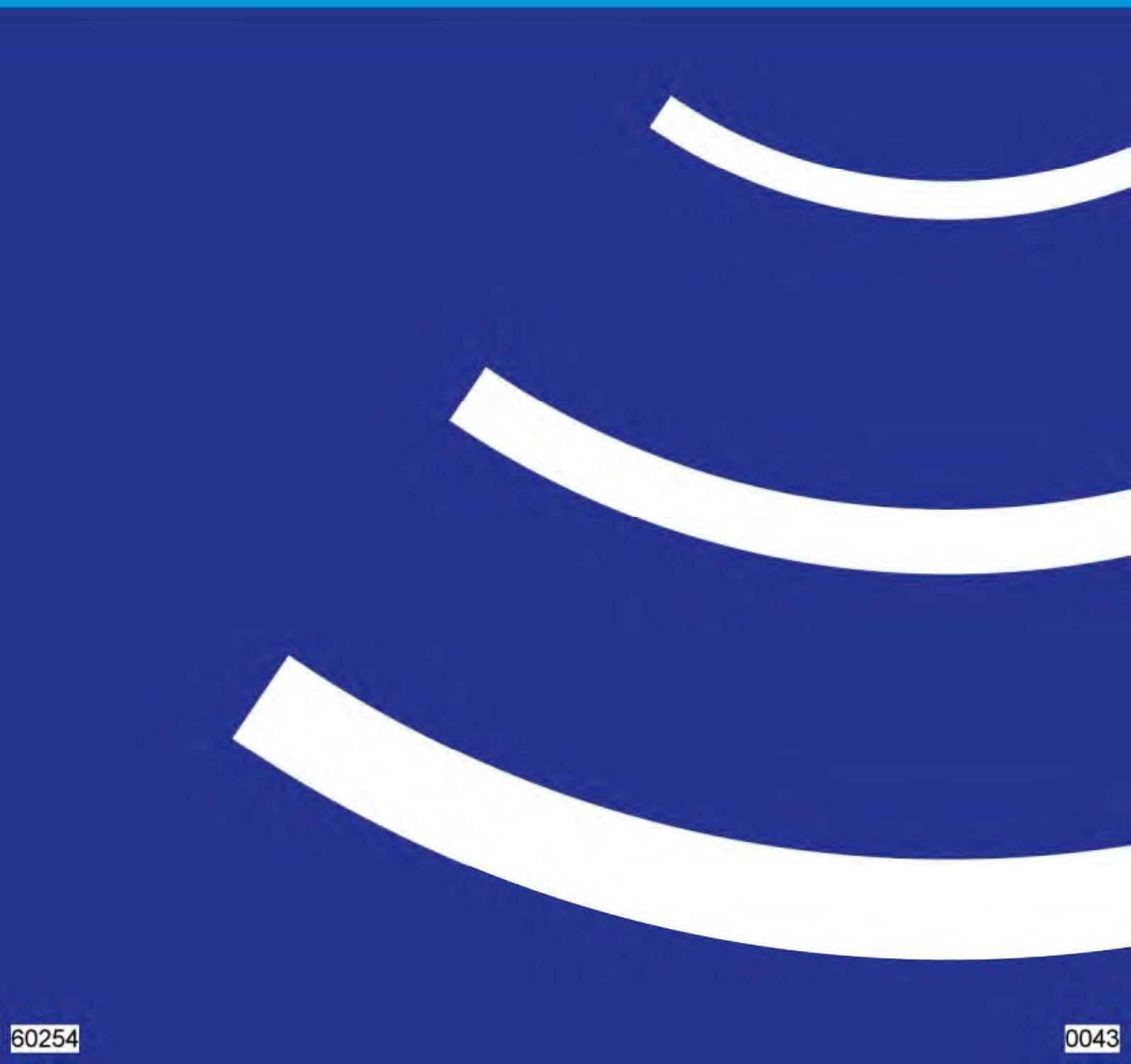
Boring: 8
X: 253492,00
Y: 489092,00
Datum: 16-3-2020
Boormeester: 5.1.2e
GWS: 50
GHG: 40
GLG: 110

Boring: 9
X: 253410,00
Y: 489169,00
Datum: 16-3-2020
Boormeester: 5.1.2e
GWS: 30
GHG: 10
GLG: 90

Medusa Explorations BV

Verlengde Bremenweg 4, 9723 JV Groningen
P.O. Box 623, 9700 AP Groningen
The Netherlands

t +31(0)50-577 02 80
f +31(0)50-579 23 45
i www.medusa-online.com



60254

0043

ONDERZOEKCENTRUM

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

CONTROLE PLAGDIEPTE ZUIDZIJDERPOLDER EN POLDER ABESSINIË

- Eindrapportage -

Opdrachtgever: Staatsbosbeheer • Auteurs: 5.1.2e & 5.1.2e • Projectnummer: PR-21.173 • Rapportnummer: RP-21.173.21.119 • Datum: 3 februari 2022

CONTROLE PLAGDIEPTE ZUIDZIJDERPOLDER EN POLDER ABESSINIË

Eindrapportage

5.1.2e

5.1.2e

ONDERZOEKCENTRUM B ware

Titel rapport:
Controle plagdiepte Zuidzijderpolder en polder Abessinië, eindrapportage

Auteurs:
5.1.2e & 5.1.2e

Rapportnummer:
RP-21.173.21.119

Opdrachtgever:
Staatsbosbeheer

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:
5.1.2e
Tel: 5.1.2e of 5.1.2e
5.1.2e @b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2022.

INHOUDSOPGAVE

1. Aanleiding en doel van het onderzoek 1

1.1 Aanleiding 1

1.2 Aanpak controle plagdiepte 2

1.3 Leeswijzer 2

2. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden 3

2.1 Inleiding 3

2.2 Belang fosfaatlimitatie en streefconcentraties 4

2.3 Streefconcentraties voor fosfaat 4

2.4 Verschralingsmaatregelen 5

2.5 Aanvullende (beheer)maatregelen 7

3. Veldwerkzaamheden en analyses 9

3.1 Veldwerkzaamheden 9

3.2 Analyses 11

4. Resultaten aanvullend bodemchemisch onderzoek 13

4.1 Bodemtypering en fosfaatbeschikbaarheid 13

4.2 Potenties voor natuurontwikkeling 16

4.3 Aanvullende inrichtingsmaatregelen 20

5. Literatuur 23

1. AANLEIDING EN DOEL VAN HET ONDERZOEK

1.1 Aanleiding

Staatsbosbeheer is bezig met het definitieve ontwerp voor de herinrichting van de Zuidzijderpolder en polder Abessinië. De polders liggen ten noordoosten van de Reeuwijkse plassen en worden van elkaar gescheiden door de A12 (Figuur 1.1). In 2019 heeft onderzoekcentrum B-WARE een bodemchemisch onderzoek uitgevoerd om de plagdiepten uit het schetsontwerp te toetsen. Op basis van dit onderzoek zijn de plagdiepten uit het schetsontwerp bevestigd en lokaal bijgesteld. Na plaggen liggen er in het gebied kansen voor de ontwikkeling van de natuurbeheertypen vochtig hooiland of nat schraalland (Figuur 1.2).

Uit een vergelijking van de hoogtekaart van 2020 (AHN4) en 2014 (AHN3) blijkt dat als gevolg van de afgelopen droge jaren de bodem in de Zuidzijderpolder en polder Abessinië in deze periode lokaal met ca. 10 cm is gedaald. Om zeker te weten dat de versnelde bodemdaling geen invloed heeft op de eerder geadviseerde plagdiepten, heeft Staatsbosbeheer gevraagd om op 4 locaties in het gebied te checken of de plagdiepte uit het voorlopige ontwerp nog voldoet.

Figuur 1.1. Begrenzing van het projectgebied in de Zuidzijderpolder en polder Abessinië. Het gebied ten noorden van de A12 is de Zuidzijderpolder en ten zuiden van de A12 ligt polder Abessinië.

Figuur 1.2. In de Zuidzijderpolder en polder Abessinië wordt gestreefd naar de ontwikkeling van botanisch grasland, zoals nat schraalland (links) en vochtig hooiland (rechts).

1.2 Aanpak controle plagdiepte

In overleg met Staatsbosbeheer zijn 4 locaties geselecteerd waar opnieuw monsters van verschillende bodemlagen werden verzameld. Van deze monsters werd zowel de fosfaatbeschikbaarheid (Olsen-P) als totale P-voorraad bepaald. Op basis hiervan wordt de noodzakelijk plagdiepte voor de ontwikkeling van vochtig hooiland of nat schaalland bepaald en gecontroleerd of deze overeenkomt met het eerdere advies (Tomassen e.a., 2020).

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden en in hoofdstuk 3 worden de toepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het aanvullende bodemchemische onderzoek gepresenteerd en wordt getoetst in hoeverre de eerder geadviseerde plagdiepten aangepast moeten worden. In Hoofdstuk 5 wordt een overzicht van de gebruikte literatuur gegeven.

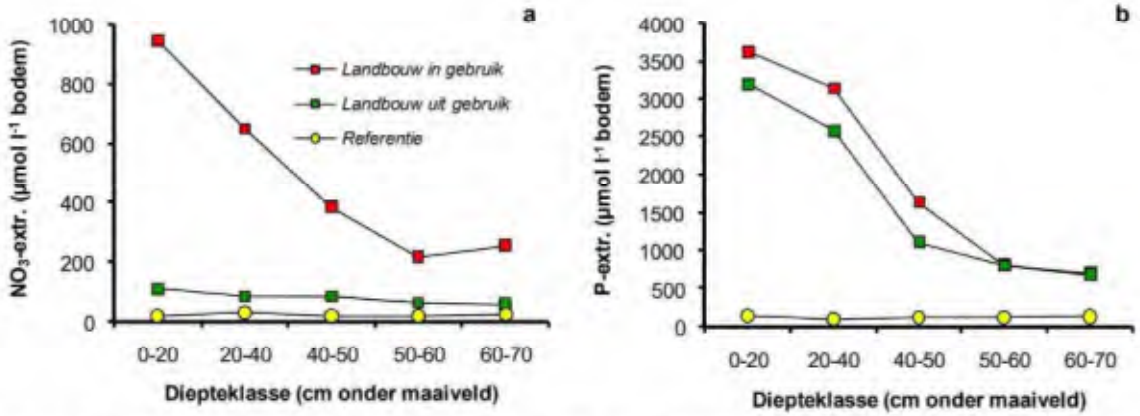
60255 0044

2. NATUURONTWIKKELING OP VOORMALIGE LANDBOUWGRONDEN

2.1 Inleiding

Als gevolg van het zeer intensieve gebruik van het agrarisch gebied in Nederland levert de omvorming van voormalige landbouwgronden tot voedselarme (natte) natuurgebieden vaak problemen op. Voor naar de ontwikkeling van natuurbeheertypen als nat schraalland (N10.01) of vochtig hooiland (N10.02) is een (matig) voedselarm milieu vereist. Wanneer er in de bodem een overmaat is aan alle voedingstoffen gaan enkele snelgroeiende soorten (Gestreepte witbol, Gewoon struisgras, Akkerdistel, Witte klaver of Engels raaigras) overheersen en ontstaat een ruigtevegetatie. In vochtige tot natte fosfaatrijke terreindelen treedt vaak massale groei van Pitrus of algenbloei op (Figuur 2.1).

Figuur 2.1. Pitrusontwikkeling en verruiging op (natte) voormalige landbouwgronden na het onvoldoende reduceren van de fosfaatvoorraad in de bodem. Foto's: 5.1.2e en 5.1.2e.



Figuur 2.2. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de bodem niet meer in landbouwkundig gebruik is doordat het uitspoelt naar het grondwater of wordt gedenitrificeerd. Het sterk in de bodem gebonden (immobiele) fosfaat verdwijnt echter niet op een natuurlijke wijze uit de bodem. Bron: Lamers e.a. (2009).

60255 0044

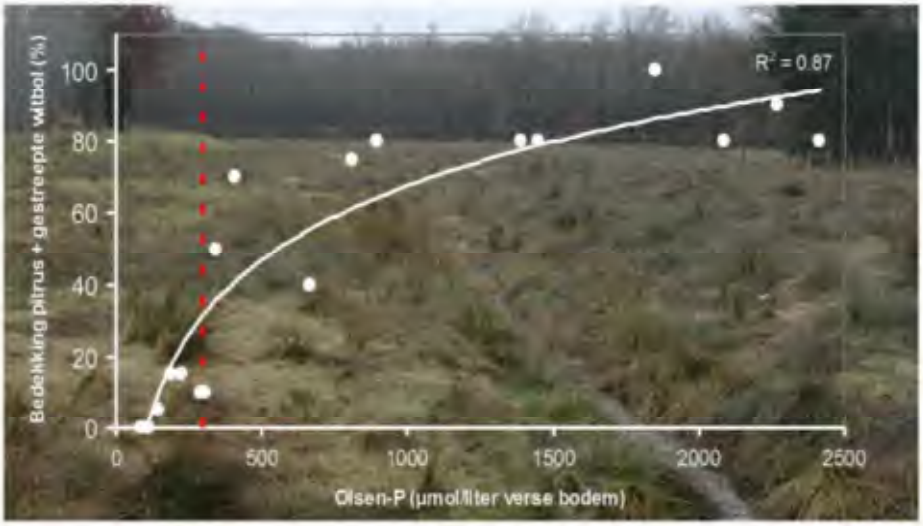
2.2 Belang fosfaatlimitatie en streefconcentraties

De kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de beschikbaarheid van nutriënten als fosfor (P) en stikstof (N). Stikstoflimitatie is moeilijk te bereiken vanwege de hoge stikstofdepositie in Nederland en ook omdat onder relatief stikstofarme omstandigheden stikstofbindende soorten zich sterk uitbreiden. Het is daarom van belang om te sturen op fosforlimitatie.

Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Figuur 2.2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006). Fosfor daarentegen wordt sterk in de bodem gebonden en de fosforbeschikbaarheid neemt na beëindiging van het agrarische gebruik niet sterk af (Figuur 2.2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Het is daarom van belang om met maatregelen de beschikbaarheid van fosfor in de bodem te reduceren (zie paragraaf 2.4).

2.3 Streefconcentraties voor fosfaat

Een bruikbare streefconcentratie voor P-gelimiteerde bodems is een Olsen-P-concentratie (de voor planten beschikbare hoeveelheid fosfaat) van 200-350 µmol P per liter verse bodem (Figuur 2.3). Deze concentraties worden over het algemeen gemeten in soortenrijke vegetatietypen van voedselarme gronden. De Olsen-P-concentraties in de toplaag van landbouwgronden liggen meestal echter ver boven de vereiste niveaus (Figuur 2.2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a. 2006; van Mullekom e.a. 2013). Daarnaast zijn de totaal-P-concentraties van de bodems van belang. Uit de totale fosfaatvoorraad kan door bodemprocessen weer P vrijkomen in de plantbeschikbare P-fractie. IJzerrijke bodems en kleibodems zijn van nature vaak relatief rijk aan totaal-P. Dergelijke bodems binden namelijk zeer goed fosfaat. Aangezien het fosfaat ook voor een groot deel wordt geïmmobiliseerd, kan op dit soort bodems de P-beschikbaarheid toch relatief laag blijven. Wel zullen dan veelal wat minder schrale graslandtypen kunnen worden ontwikkeld, zoals Dotterbloemhooilanden, Glanshaverhooilanden en Kamgrasweiden. Voor dit soort vegetatietype kan een Olsen-P-streefconcentratie worden gehanteerd van 500-800 µmol per liter verse bodem.



Figuur 2.3. Relatie tussen de concentratie Olsen-P in de bodem en de bedekking van ruigtesoorten Pitrus en Gestreepte witbol (van Mullekom e.a., 2009).

Wanneer de vereiste inrichtingsmaatregelen te ingrijpend of niet te realiseren zijn kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland. 'Kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er eigenlijk geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. In dit onderzoek wordt gerekend met een indicatieve Olsen-P-streefconcentratie van circa (1200-)1500 µmol/l verse bodem. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de labiele P-fractie voldoende laag is (P-z < 1 µmol/l bodem). Uit recent onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P-concentratie relatief laag is (Scherpenisse e.a., 2016).

2.4 Verschralingsmaatregelen

Zoals beschreven in paragraaf 2.2 is het voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen van belang om op voormalige landbouwgronden fosfaatgelimiteerde omstandigheden te creëren. In deze paragraaf wordt dan ook specifiek verschralingsmaatregelen gericht op fosfaat beschreven.

Ontgronden

Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (Smolders e.a., 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het fosfaatfront bepaald worden (Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; van Mullekom e.a., 2013). Deze diepte komt namelijk niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (Smolders e.a., 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem terecht komen. Door middel van ontgronding kan een snelle verschraling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom e.a., 2007; 2013).

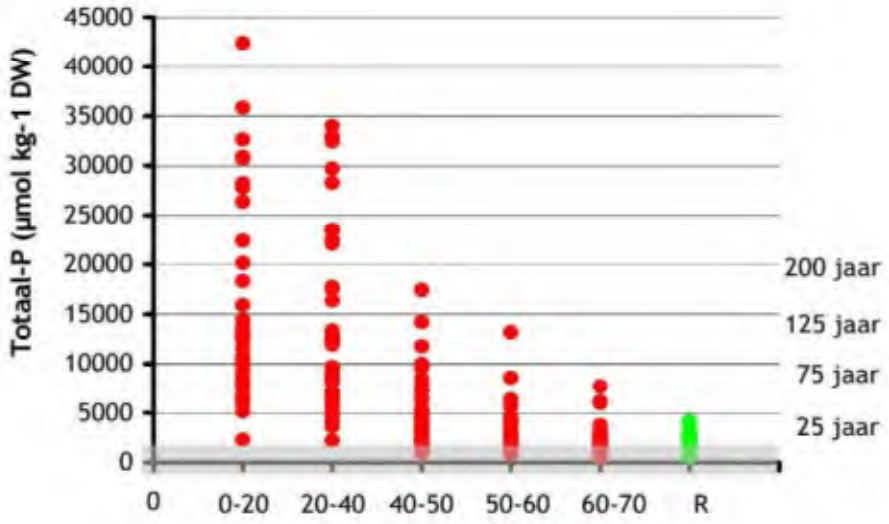
Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven vaak sterk verstoord (zie o.a. Tsiafouli e.a., 2015; Bobbink e.a., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig (zie paragraaf 2.5), zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgronding van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders e.a., 2006). In de bodem zorgen geoxideerde ijzerverbindingen (ijzer(hydr)oxiden; roest) in belangrijke mate voor de vastlegging van fosfaat. Onder natte condities kan er geen zuurstof meer in de bodem doordringen waardoor geoxideerde ijzerverbindingen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen. Dit wordt versterkt onder sulfaatrijke omstandigheden. Het is in deze situaties van belang dat voldoende doorstroming plaatsvindt. Afvoer vindt, indien mogelijk, bij voorkeur plaats via het bestaande reliëf. Daarnaast is het van belang om een natuurlijk peilbeheer te hanteren met wisselende waterstanden. Droogval van de toplaag in de zomermaanden is vaak essentieel voor de immobilisatie van fosfaat, de oxidatie van onder andere ammonium en sulfiden, en de vegetatieontwikkeling. Het vrijkomen van fosfaat gaat onder natte omstandigheden sneller bij hoge (zomer)temperaturen dan bij lagere (winter)temperaturen.

60255 0044

Begrazing

Bij extensieve begrazing wordt het fosfaat opgenomen door grazers, waarbij via mest en urine het fosfaat dan elders weer (gedeeltelijk) vrijkomt. De afvoer van fosfaat is, afhankelijk van de begrazingsvorm en het soort grazer, vaak relatief beperkt en leidt vooral tot een herverdeling van het fosfaat binnen het gebied. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*) bij voorkeur niet gegeten en door betreding ontstaan bovendien open plekken in de vegetatie waar Pitrus goed kan kiemen, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009).

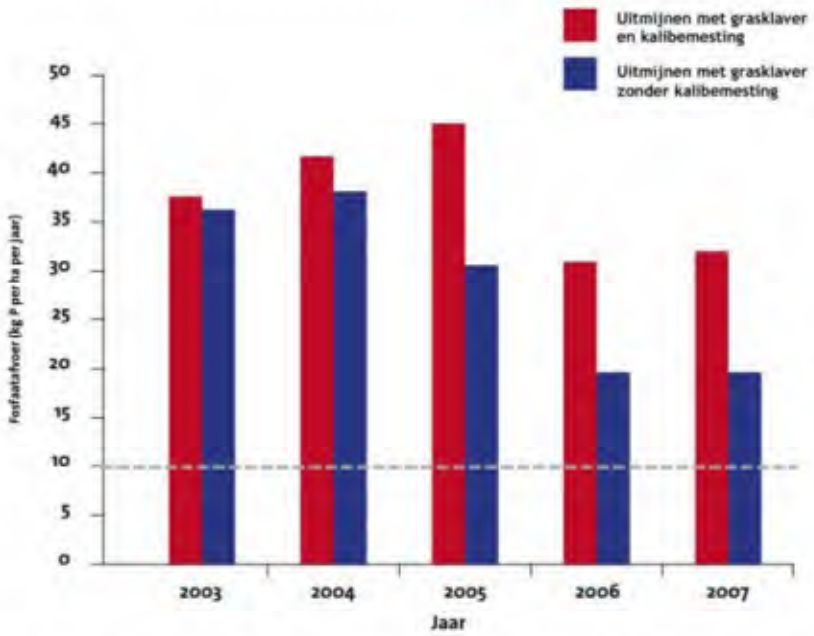


Figuur 2.4. Totaal-P concentraties in verschillende voormalige landbouwgronden (rood) en referentiegebieden (R, groen). Op de X-as wordt de diepte in cm weergegeven waarop de monsters zijn genomen. Het grijze gebied geeft de streefwaarde van 2500 µmol totaal-P per kilogram droge bodem. Rechts wordt het aantal jaren gegeven dat nodig is om de totaal-P waarden te laten dalen tot deze referentiewaarde door middel van maaien en afvoeren, aannemende dat er 10 kg P per hectare per jaar kan worden afgevoerd. Bron: Smolders e.a. (2006).

Maaien en afvoeren

Jaarlijks maaien en afvoeren levert is een reguliere maatregel om bestaande vegetatietypen in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal, waaronder fosfaat, worden hierbij afgevoerd en dus uit het systeem onttrokken (Smolders e.a., 2006). Met maaien en afvoeren kan ca. 10 kg P/ha/jaar verwijderd worden. Bij landbouwgronden die intensief zijn bemest, is deze vorm van beheer echter niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem op korte termijn te verlagen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd). Het kan vele jaren duren, bij sterk bemeste percelen vaak tot 200 jaar, voordat zoveel fosfaat is verwijderd dat er sprake is van een P-gelimiteerde bodem (Figuur 2.4, Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005). Verder is een mogelijk nadeel van maaien en afvoeren (en ook uitmijnen) dat doorgaans slechts de bovenste 25(-30) cm van de bodem wordt verschraald. Dit kan problemen opleveren in grondwatergevoede systemen met een relatief dikke (>40 cm) voedselrijke bouwvoor, waarbij fosfaat vanuit de diepere P-rijke bodem via het grondwater de toplaag van de bodem kan bereiken.

60255 0044



Figuur 2.5. Fosfaatafvoer (in kg fosfor per ha per jaar) door uitmijnen met grasklaver (klaver voor het vastleggen van stikstof) en kalibemesting en met grasklaver zonder kalibemesting (start eind 2002). De fosfaatafvoer werd bereikt door het maken van vier tot vijf maaisneden per jaar. Na enkele jaren daalt de afvoer van fosfaat in het deel zonder aanvullende kalibemesting. Stikstof- en kalibronnen zijn nodig voor een hoge fosfaatafvoer. Op de lange termijn is de gemiddelde afvoer bij uitmijnen ongeveer 40 kg fosfor per ha per jaar. Dit komt overeen met circa 90 kg fosforpentoxide (P_2O_5) per ha per jaar. Met jaarlijks eenmalig maaien en afvoeren kan een fosfaatafvoer van ca. 10 kg P per ha per jaar worden bereikt (grijze stippellijn). Bron: Timmermans & van Eekeren (2012; 2016).

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschraling door middel van een gewas waarvan de productie op peil wordt gehouden door middel van aanvullende bemesting opdat de afvoeren van het doelnutriënt (fosfor) maximaal is. Door middel van het zaaien van grasklaver in combinatie met kalibemesting en een maaibeheer kan fosfaat versneld (40 kg P/ha/jaar: 4 keer sneller dan met maaien en afvoeren) aan de bodem worden onttrokken (Timmermans & van Eekeren, 2012). Klaver houdt met haar stikstofbinding de productie gaande en kalibemesting wordt gebruikt om klaver optimaal te laten groeien. Ook met deze verschralingsmaatregel kan het op voormalige landbouwgronden tientallen jaren duren voordat het gewenste verschralingsniveau is bereikt (van Mullekom e.a., 2013).

2.5 Aanvullende (beheer)maatregelen

Op het moment dat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd, is er vaak nog geen sprake van een gewenste vegetatieontwikkeling. Met name de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over (Bekker e.a., 1997). Door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat nitraat werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (van Mullekom e.a., 2009; 2013).

60255 0044

Wanneer plagsel wordt gebruikt voor herintroductie worden tevens mycorrhiza's (schimmels die planten helpen bij de opname van voedingsstoffen op voedselarme gronden) van de doelsoorten en andere essentiële bodem micro-organismen in het gebied geïntroduceerd (Bobbink e.a., 2016). Zonder introductie van doelsoorten is de kans op vestiging van deze soorten te verwaarlozen indien er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska e.a., 2007).

Uiteraard is het voor het realiseren van een gewenst natuurdoeltype niet alleen van belang dat de bodemchemie geschikt is maar tevens dat de hydrologie van het systeem op orde is. Met name in grondwaterafhankelijke systemen (bijv. nat schraalland en dotterbloemhooiland) zullen veelal aanvullende hydrologische maatregelen nodig zijn. Deze maatregelen moeten vaak in de omgeving genomen worden omdat grondwaterafhankelijke systemen vaak gevoed worden door grondwater dat inzijgt op aanzienlijke afstand. Een bijkomend voordeel van verschralen via ontgronden is dat door verlaging van het maaiveld de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld stijgen, waardoor waarschijnlijk minder ingrijpende hydrologische maatregelen in de omgeving noodzakelijk zijn.

60255 0044

3. VELDWERKZAAMHEDEN EN ANALYSES

3.1 Veldwerkzaamheden

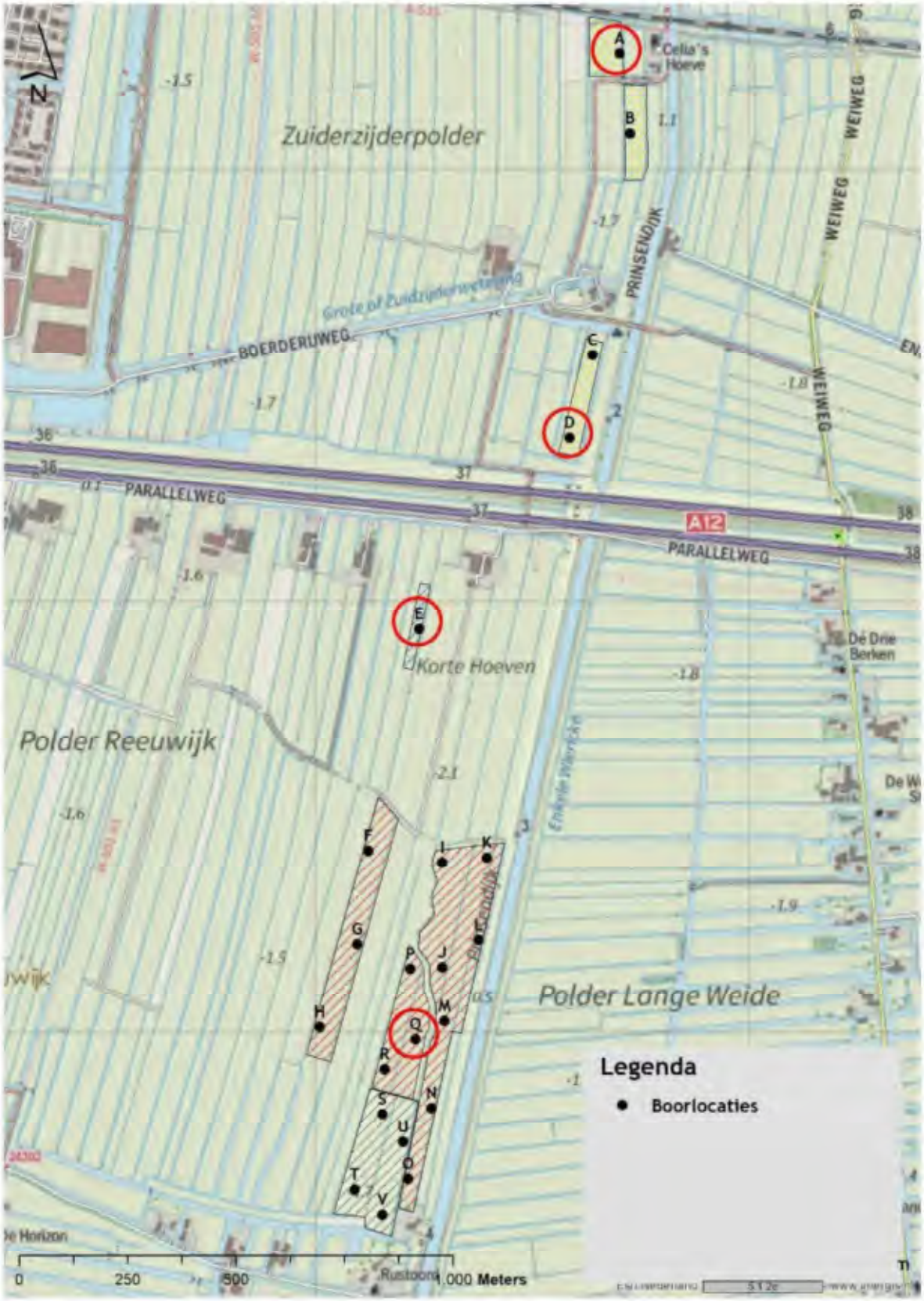
In overleg met de opdrachtgever werden 4 monsterlocaties (locatie A, D, E en Q; Figuur 3.1) uit het onderzoek van 2019 (Tomassen e.a., 2020) geselecteerd. Op 17 november 2021 werden door ATKB op deze locaties bodemmonsters verzameld. Daarbij werd de volgende bemonsteringsstrategie gehanteerd:

- 0-20 cm-mv;
- 20-30 cm-mv;
- 30-40 cm-mv;
- 40-50 cm-mv.

De bodemprofielen werden beschreven conform NEN5104 tot 150 cm-mv. Hierbij werden ook de (algemene) bodemhorizonten beschreven en de actuele grondwaterstand, GLG en GHG (indien waarneembaar in het profiel) genoteerd (Tabel 3.1). Van de boorlocaties werd met een RTK-dGPS zowel de XY-coördinaten als de maaiveldhoogte ingemeten.

Tabel 3.1. Overzicht van de XY-coördinaten, maaiveldhoogte (Z in m +NAP), grondgebruik (WE = weiland) en grondwaterstanden op de monsterlocaties (locatie A, D, E en Q) waarbij GWS = actuele grondwaterstand op 17 november 2021, GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand en GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand (beiden afgeleid uit bodemprofiel in cm-mv). Op een aantal locaties van het onderzoek uit 2019 is alleen de hoogte ingemeten. Voor ligging van de locaties zie Figuur 3.1.

Locatie	X	Y	Z	Grondgebruik	GWS	GLG	GHG	Vegetatie
A	113701	454268	-1,82	WE	40	70	20	Grassenmix, vnl. Engels raaigras
D	113585	453379	-1,95	WE	25	55	10	Grassenmix met kruiden
E	113239	452936	-1,98	WE	25	50	10	Grassenmix, vnl. Engels raaigras
Q	113230	451984	-2,04	WE	25	50	10	Dominantie Engels raaigras
B	113725	454083	-1,86	WE				
C	113638	453570	-1,97	WE				
F	113122	452423	-1,96	WE				
G	113096	452205	-2,14	WE				
I	113292	452396	-2,03	WE				
J	113292	452151	-1,93	WE				
P	113218	452147	-1,98	WE				



Figuur 3.1. Overzicht van de ligging van de monsterlocaties uit 2019 in de Zuidzijderpolder en polder Abessinië. Locatie A, D, E en Q werden opnieuw bemonsterd (rood omcirkeld). Bron: Tomassen e.a. (2020).

3.2 Analyses

De volgende analyses werden uitgevoerd op het laboratorium van Onderzoekcentrum B-WARE:

Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid

Het vochtpercentage van het verse bodemmonster werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 48 uur bij 60°C. Omdat de bakjes precies tot aan de rand werden afgevuld (volume = 40,5 ml) konden later ook de concentraties worden omgerekend naar mmol per liter bodemvolume. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmonster, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Plantenbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen e.a.,1954) bepaald. Het principe van deze extractiemethode is dat natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) zorgt voor een daling van de concentratie opgeloste calciumionen via de vorming van onoplosbaar calciumcarbonaat ($CaCO_3$). Hierdoor stijgt de concentratie opgelost fosfaat. Natriumbicarbonaat brengt ook de labiele, voor planten snel beschikbare, proportie van de organische fractie in oplossing en wordt fosfaat dat geadsorbeerd is aan ijzer(hydr)oxides verdrongen. Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droge bodem 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4°C bewaard tot verdere analyse. De Olsen-P-concentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmonster werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2, 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milli Q water. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4°C bewaard voor verdere analyse. Concentraties van elementen werden berekend in mmol per liter bodem.

Elementenanalyse (ICP)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), kalium (K), natrium (Na), chloride (Cl), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP; ARCOS MV, Spectro).

60255 0044

4. RESULTATEN AANVULLEND BODEMCHEMISCH ONDERZOEK

4.1 Bodemdaling

Reden voor het controleren van de op basis van het onderzoek in 2019 geadviseerde plagdiepte (Tomassen e.a., 2020) is de bodemdaling als gevolg van veenoxidatie. Op locatie A, D, E en Q werd tijdens het veldwerk de hoogte ingemeten. Ook werden een aantal extra locaties uit 2019 ingemeten (Tabel 3.1). Bij het onderzoek in 2019 werd voor de toetsing van de waterstanden ten opzichte van maaiveld uitgegaan van de maaiveldhoogtes uit de AHN3 (situatie 2014). Uit het verschil in maaiveldhoogte tussen de AHN3 en de metingen in het veld blijkt dat de bodem tussen 2014 en 2021 met 4,6 tot 16,5 cm is gedaald (gemiddeld ruim 10 cm; Tabel 4.1). Deze forse daling heeft waarschijnlijk niet veel consequenties voor de geadviseerde plagdiepten. De plagdiepten zijn vastgesteld in oktober 2019 (Tomassen e.a., 2020) en op dat moment was de waarschijnlijk bodem al fors gedaald (2018 zeer droog jaar). Voor de eerder uitgevoerde hydrologische toetsing en de toekomstige boezempeilen zal deze forse maaivelddaling wel gevolgen hebben. Een hydrologische toetsing maakt geen deel uit van het huidige onderzoek.

Tabel 4.1. Verschil tussen de in november 2021 ingemeten maaiveldhoogte (in m +NAP) en de voor het eerder uitgevoerde onderzoek uit de AHN3 (2014) afgeleide maaiveldhoogte. Een negatief verschil betekent een daling van het maaiveld. Voor ligging van de locaties zie Figuur 3.1.

Locatie	Hoogte uit AHN3	In 2021 gemeten maaiveldhoogte	Verschil in cm
A	-1,692	-1,817	-12,5
D	-1,887	-1,953	-6,6
E	-1,879	-1,980	-10,1
Q	-1,997	-2,043	-4,6
B	-1,693	-1,858	-16,5
C	-1,877	-1,967	-9,0
F	-1,879	-1,959	-8,0
G	-2,021	-2,137	-11,6
I	-1,895	-2,025	-13,0
J	-1,860	-1,932	-7,2
P	-1,858	-1,983	-12,5

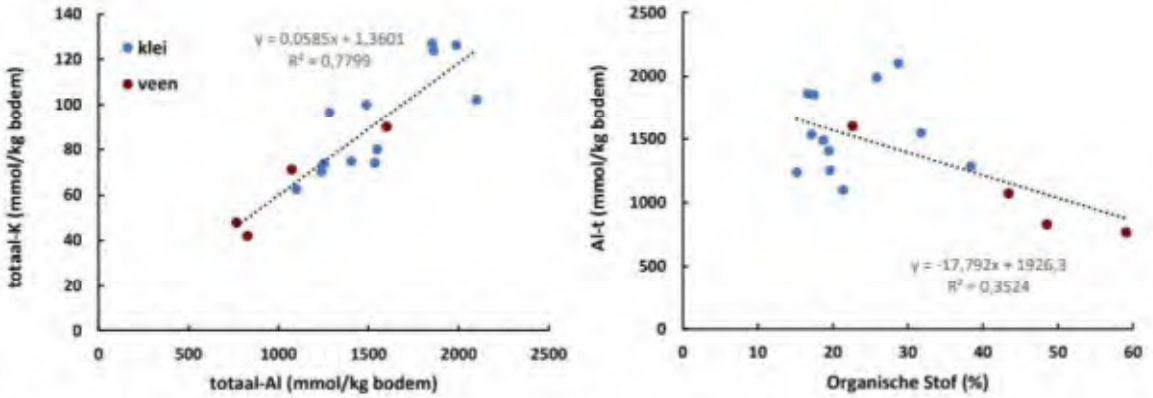
4.2 Bodemtypering en fosfaatbeschikbaarheid

Bodemtypering

Het onderscheid tussen venige klei, kleiig veen en veen is in het veld, mede door de mate van veraardheid van het veen, niet altijd goed te maken. Doordat enkele karakteristieke bodemchemische parameters onderscheidend zijn, kan dit ondervangen worden. Dat de geanalyseerde bodems overwegend kleiig zijn blijkt uit het feit dat de totaal-aluminiumconcentratie van de bodems gecorreleerd is met de totaal-kaliumconcentratie (Figuur 4.1). In lutumdeeltjes komen aluminium en kalium in een vaste verhouding voor, waardoor deze correlatie wordt verklaard. In Figuur 4.1 is een trend te zien dat het organisch stofgehalte negatief gecorreleerd is met de aluminiumconcentratie. De aluminiumconcentratie blijkt daarmee een goede indicatieve parameter voor de kleiigheid van de bodems te zijn.

60255 0044

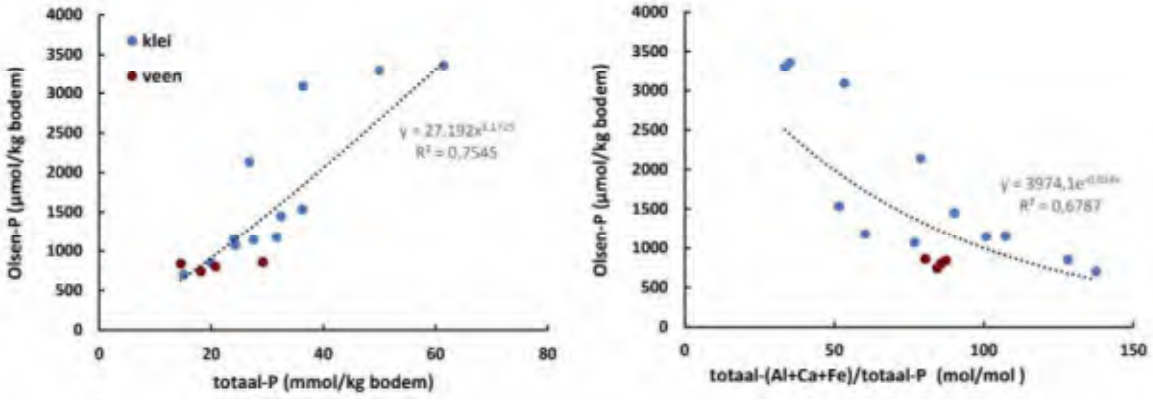
De toplaag van het veenpakket (30-40 cm-mv) op locatie E blijkt kleiiger (slechts 22% organische stof) te zijn dan ingeschat werd in het veld. Alleen de diepste bodemlaag op locatie Q betreft een veenbodem met een hoog organisch stofgehalte (>50%).



Figuur 4.1. Correlaties tussen de totaal-Al en totaal-K-concentratie van de bodems (links) en tussen het percentage organische stof en de totaal-Al concentratie van de bodems (rechts).

Fosfaatbeschikbaarheid

De voor planten beschikbare fosfaatconcentratie (Olsen-P) correleert sterk met de totale fosforvoorraad (totaal-P) in de bodem (Figuur 4.2). De Olsen-P-concentratie wordt niet alleen bepaald door de totaal-P-concentratie van de bodem, maar ook door de mate van binding in de bodem aan ijzer, calcium of aluminium. Fosfor wordt in bodems zeer effectief geïmmobiliseerd door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $Fe_3(PO4)_2$ (onder anaerobe condities) en $FePO_4$ onder aerobe condities. Voor de P-immobiliserende werking van calcium is de vorming van relatief slecht oplosbare calciumfosfaat complexen verantwoordelijk. Dit calcium gebonden-P komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook klei (aluminium is indicatief voor het lutumpercentage) is een sterke P-binder. De calcium-, aluminium- en ijzerconcentraties in de bodem kunnen de beschikbaarheid van fosfaat dus sterk beïnvloeden. In Figuur 4.2 (rechts) is deze correlatie weergegeven. Op plaatsen waar de bodem rijk is aan ijzer, calcium en aluminium blijft de P-beschikbaarheid voor planten doorgaans laag: een grotere P-bindingscapaciteit kan leiden tot betere P-immobilisatie en daarmee tot een lagere Olsen-P-concentratie.



Figuur 4.2. Correlaties tussen een aantal P-gerelateerde bodemchemische parameters.

Tabel 4.2. Advies voor locatie A, D, E en Q op basis van het in 2019 uitgevoerde bodemchemische onderzoek. Per locatie is in de tabel opgenomen: geadviseerde plagdiepte (in cm), natuurbeheertype (VH = Vochtig hooiland), kansrijkdom (afhankelijk van Olsen-P streefconcentratie (optimaal of suboptimaal) en noodzakelijk aanvullend verschralingsbeheer (+ = < 10 jaar maaien en afvoeren, GLG en GHG na plaggen en bij toekomstig polderpeil. Voor het bepalen van de GLG is uitgegaan dat het waterpeil in de percelen tot 20 cm lager wegzakt dan het slootpeil en voor de GHG is uitgegaan van een opbolling van het waterpeil in de percelen met 20 cm. Opbolling van het grondwater kan maximaal plaatsvinden tot aan maaiveldhoogte wanneer het maaiveld hoger ligt dan polderpeil. Een GHG na plaggen van +1 tot +20 cm-mv zal in de praktijk betekenen een GHG rond maaiveld (groen gearceerd weergegeven). Daarnaast is de bodemchemie van de nieuwe toplaag weergegeven waarbij: Grondsoort = bodemtype (bv = bouwvoor); HZT = bodemhorizont; OS = percentage organische stof (gloeiverlies); Ols-P = plantenbeschikbaar fosfaat (Olsen-P) in µmol per liter bodem; -t = totaalconcentratie in mmol per liter bodem; SCM = totaal-S/(Ca+Mg) ratio in mol/mol (> 0,67 = ongunstig; Lucassen e.a., 2002); -z = concentratie in een zoutextract (in µmol per liter bodem), pH-z = pH in een zoutextract; BV = indicatieve basenverzadiging; M3 = indicatieve verschralingsduur (in jaren) per bodemlaag door middel van jaarlijks maaien en afvoeren bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 300 µmol/l (optimaal; totaal-P ondergrens 3 mmol/l). M5 en 8 = idem, echter op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 (acceptabel/suboptimaal voor Nat schraalland op veen-/kleibodem; risico op verruiging) en 800 µmol/l (acceptabel/suboptimaal voor Vochtig hooiland op veen-/kleibodem; risico op verruiging). In onderstaande tabel zijn de volgende arceringen gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO_3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<200	<20	<4000	<40			0	voldoende P-arm
6-10	201-400	21-50	4001-8000	41-100	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	401-800	51-100	8001-15000	101-250	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	801-1200	101-150	15001-25000	251-500	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>1200	150-250	25001-40000	501-800				matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		>250	>40000	>800	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Loc. aanv. onderzoek	Plag-diepte	Beheer type	Kansrijk dom	GLG na plaggen	GHG na plaggen	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	Mg-t	S-t	SCM	Al-z	Ca-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO_3-z	NH_4-z	M3	M5	M8
A	30	VH		33	-7	30-40	klei, matig siltig en humeus, bv	Ap	16	824	11,0	957	332	479	167	38	0,14	225	40164	11009	4,6	99	1	233	13	22	14	9
D	35	VH		35	+19	30-40	bosveen, sterk kleiig en veraard	O	29	811	11,5	702	84	190	93	73	0,41	402	40421	6385	4,2	98	2	218	22	23	14	9
E	30	VH	-	36	+18	30-40	bosveen, sterk kleiig en veraard	O	36	962	15,3	833	117	403	112	57	0,25	399	39632	9482	4,7	99	3	346	15	33	23	16
Q	20	VH		34	+20	20-30	veen, veraard	Ap	39	725	11,7	479	88	184	49	83	0,61	498	23572	9544	4,1	97	1	346	14	21	11	8

Kansrijkdom:
- Olsen-P ligt onder optimale streefconcentratie (M5: 300 µmol/l en VH: 500 µmol/l)
- Olsen-P ligt onder suboptimale streefconcentratie (M5: 500 µmol/l en VH: 800 µmol/l)
- \- Olsen-P ligt boven suboptimale streefconcentratie, maar er is minder dan 10 jaar aanvullend verschralingsbeheer nodig

Tabel 4.3. Bodemchemie van de in 2021 geanalyseerde bodemlagen op locatie A, D, E en Q. Voor nadere toelichting en de gebruikte arcering zie het bijschrift van Tabel 4.2.

Loc.	GWS	GLG	GHG	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	SCM	M3	M5	M8
A	40	70	20	0-20	klei, zwak zandig, matig humeus, bv	Ap	21	37	0,7	2273	34,5	0,07	758	64	332	8	43	144	26	0,12			
				20-30	klei, matig siltig, inspoeling	BC	16	41	0,8	941	19,6	0,05	1511	112	479	25	104	253	40	0,11	42	29	9
				30-40	klei, matig siltig, inspoeling	BC	17	41	0,8	671	15,8	0,04	1466	120	434	28	98	258	39	0,10	27	13	
				40-50	overgang van BC naar C (veen, zwak kleiig, sterk veraard)	BC-C	15	46	0,7	479	10,3	0,05	1014	113	287	27	68	198	52	0,17	12		
D	25	55	10	0-20	klei, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	19	39	0,6	1878	22,1	0,08	853	43	284	9	45	125	30	0,18			79
				20-30	klei, sterk siltig, matig humeus, bv	Ap	17	40	0,7	1589	20,0	0,08	1142	63	370	16	55	164	33	0,15	51	43	31
				30-40	klei, matig siltig, sterk humeus	AC	26	56	0,6	640	15,4	0,04	1110	85	357	16	71	151	50	0,21	26	11	
				40-50	klei, matig siltig, sterk humeus	AC	38	64	0,4	410	9,3	0,04	492	86	137	9	37	74	100	0,62	8		
E	25	50	10	0-20	klei, matig siltig, matig humeus, bv	Ap	20	38	0,8	949	25,4	0,04	1007	109	419	17	59	197	29	0,09			25
				20-30	klei, matig siltig, matig humeus, bv	Ap	15	36	0,8	1233	29,1	0,04	994	114	393	14	56	195	31	0,10	69	54	32
				30-40	veen, sterk kleiig, sterk veraard	AC	23	43	0,6	544	18,5	0,03	1014	112	363	16	57	162	43	0,16	26	5	
				40-50	veen, sterk kleiig, sterk veraard	AC	43	60	0,4	293	7,5	0,04	390	113	144	12	26	65	92	0,52			
Q	25	50	10	0-20	klei, sterk siltig, sterk humeus, bv	Ap	32	53	0,6	1971	36,1	0,05	909	83	277	6	47	130	49	0,23			
				20-30	klei, sterk siltig, sterk humeus, bv	Ap	29	51	0,6	876	19,6	0,04	1268	89	410	15	62	162	54	0,22	40	26	5
				30-40	veen, sterk kleiig, sterk veraard	AC	49	63	0,4	282	6,9	0,04	315	78	180	15	16	43	84	0,69			
				40-50	veen, sterk kleiig, sterk veraard	AC	59	70	0,3	270	4,7	0,06	246	69	93	11	15	31	106	1,06	0	0	0

60255 0044

4.3 Potenties voor natuurontwikkeling

Een lage fosfaatbeschikbaarheid biedt, zoals beschreven in hoofdstuk 2, goede kansen voor de ontwikkeling van voedselarme, soortenrijke natte schraallanden en vochtige hooilanden. In dit onderzoek worden de volgende streefconcentraties gehanteerd:

- Nat schraalland: (<)100 tot 300 (optimaal) tot 500 (acceptabel) µmol/l Olsen-P;
- Vochtig hooiland: (<)350 tot 500 (optimaal) tot 800 (acceptabel, mogelijk beperkt aanvullend verschralingsbeheer vereist) µmol/l Olsen-P.

Op basis van de verhouding tussen de Olsen-P en P-totaal concentratie (beschikbare P-fractie) is een P-totaal streefconcentratie berekend. Deze varieert op basis van de P-beschikbaarheid, die beïnvloed wordt door o.a. de kleifractie (totaal-Al), ijzer- en calciumconcentraties van de bodem. De totaal-P-streefconcentratie is berekend op basis van een Olsen-P-streefconcentratie van 300, 500 en 800 µmol/l. Op basis van het verschil tussen de streefconcentratie en de actuele totaal-P-concentratie is per bemonsterde laag een verschralingsduur berekend bij traditioneel beheer van maaien en afvoeren (P-afvoer: 10 kg/ha/jaar). Gericht uitmijnen met N- en/of K-bemesting (P-afvoer: 40 kg/ha/jaar) gaat vier keer zo snel.

Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte dienen, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25(-30) cm bij elkaar te worden opgeteld.

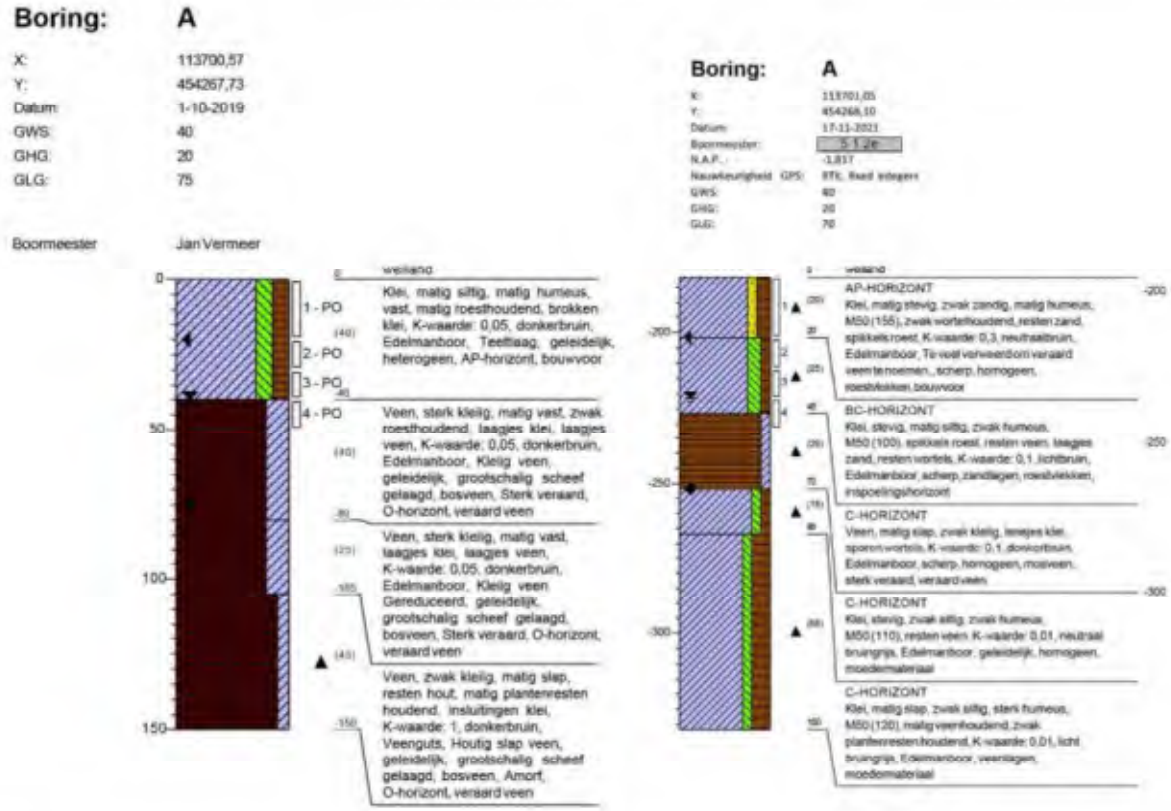
Wanneer wordt ingezet op (aanvullende) verschraling van een fosfaatrijke toplaag is het belangrijk om te realiseren dat vernatting van een fosfaatrijke toplaag kan leiden tot P-mobilisatie en verruiging in de vorm van pitrusontwikkeling.

Hierna volgt per locatie een beschrijving van de bodemchemische eigenschappen van de bodem en de kansen voor de ontwikkeling van vochtig hooiland of nat schraalland. Hierbij wordt aangegeven in hoeverre de bodemchemische analyses de in het schetsontwerp geadviseerde plagdiepten (Tabel 4.2) bevestigen of dat de plagdiepte aangepast moet worden.

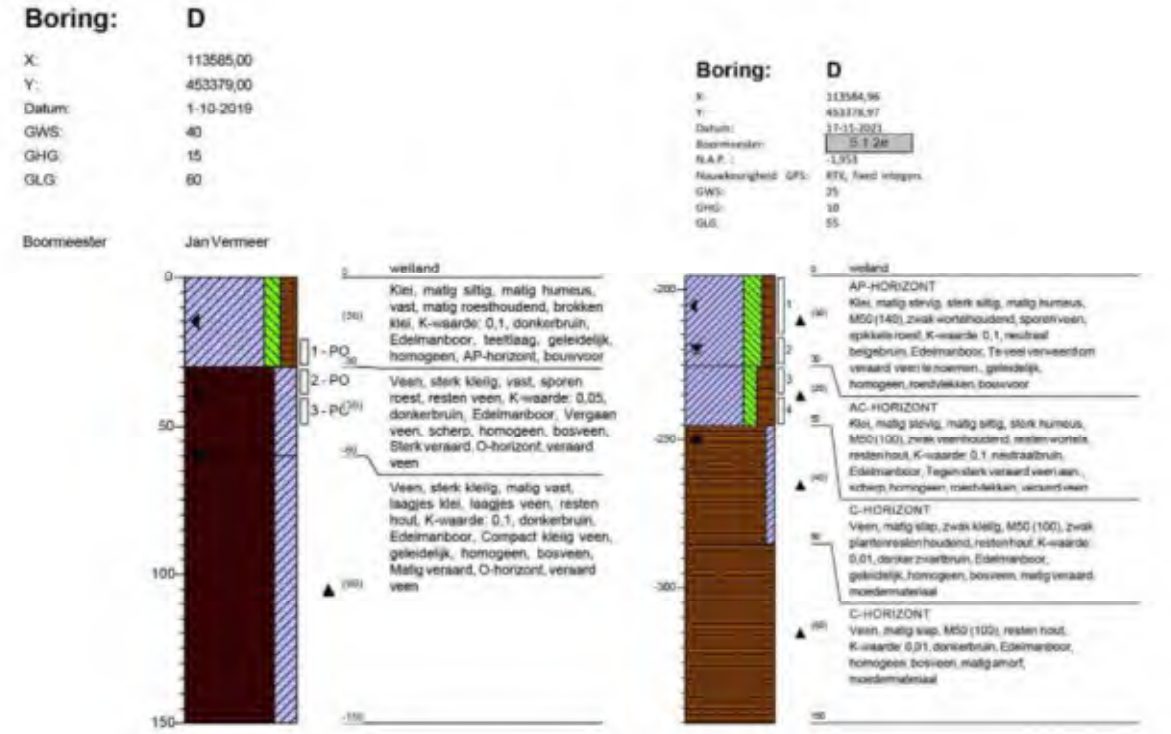
Locatie A (GLG 70 cm-mv en GHG 20 cm-mv)
Voor locatie A was het advies om 30 cm te plaggen voor de ontwikkeling van een Vochtig hooiland op klei (Tabel 4.2). In 2021 werd de dikte van de bouwvoor niet ingeschat op 40 cm, maar op 20 cm (Figuur 4.3). De diepere bodem is gekarakteriseerd als venige klei in plaats van kleiig veen. De bouwvoor is fosfaatrijk (Olsen-P: 2273 µmol/l en totaal-P: 34,5 mmol/l) en verschralen via maaien en afvoeren tot een Olsen-P streefconcentratie vergt ca. 145 jaar (bodempakket 0-25 cm). In overeenstemming met het onderzoek uit 2019 is op 30-40 cm-mv de ijzerrijke (totaal-Fe: 434 mmol/l) kleibodem voldoende schraal (Olsen-P: 671 µmol/l en totaal-P: 15,8 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 120 mmol/l). De aanvullende bodemanalyse bevestigt de eerder aanbevolen plagdiepte.

Locatie D (GLG 55 cm-mv en GHG 10 cm-mv)
Voor locatie D was het advies om 30 cm te plaggen voor de ontwikkeling van een Vochtig hooiland op veen (Tabel 4.2). De bouwvoor (30 cm dik, net als in 2019; Figuur 4.4) is fosfaatrijk (Olsen-P: 1878 µmol/l en totaal-P: 22,1 mmol/l) en verschralen via maaien en afvoeren tot een Olsen-P streefconcentratie vergt ca. 95 jaar (bodempakket 0-25 cm). In overeenstemming met het onderzoek uit 2019 is op 30-40 cm-mv de ijzerrijke (totaal-Fe: 357 mmol/l) kleibodem voldoende schraal (Olsen-P: 640 µmol/l en totaal-P: 15,4 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 85 mmol/l). De aanvullende bodemanalyse bevestigt de eerder aanbevolen plagdiepte.

60255 0044



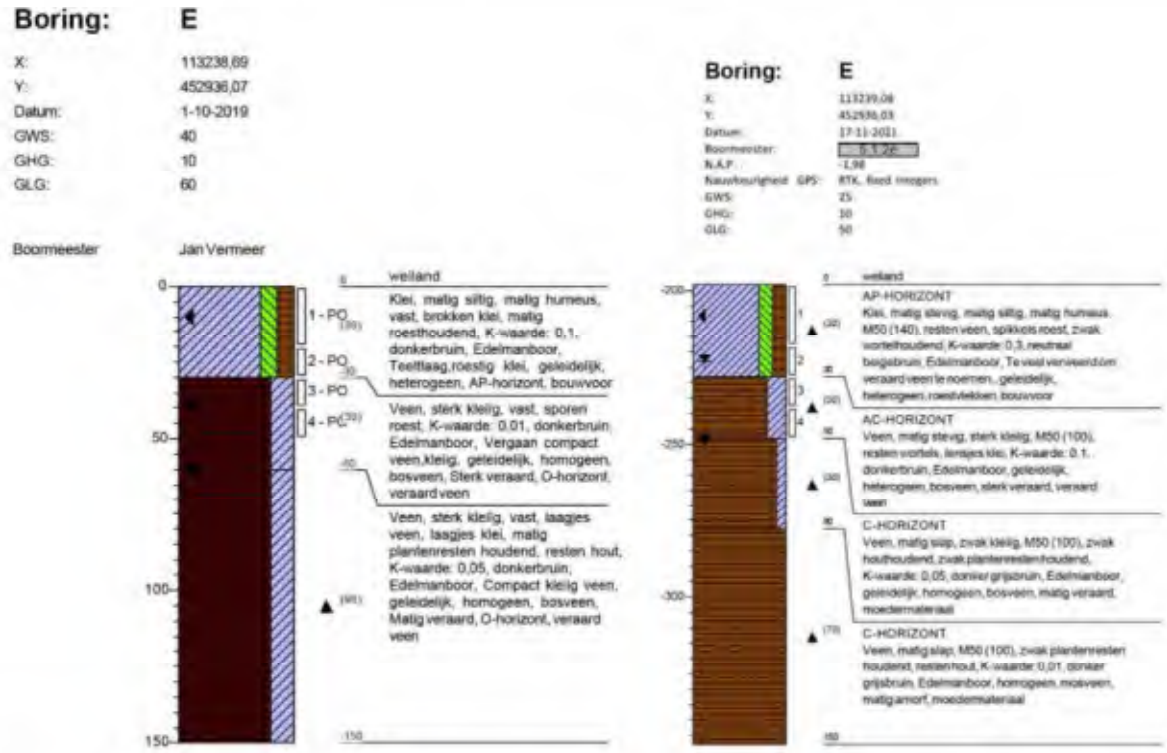
Figuur 4.3. Bodemprofiel op locatie A in oktober 2019 (links) en november 2021 (rechts).



Figuur 4.4. Bodemprofiel op locatie D in oktober 2019 (links) en november 2021 (rechts).

Locatie E (GLG 50 cm-mv en GHG 10 cm-mv)

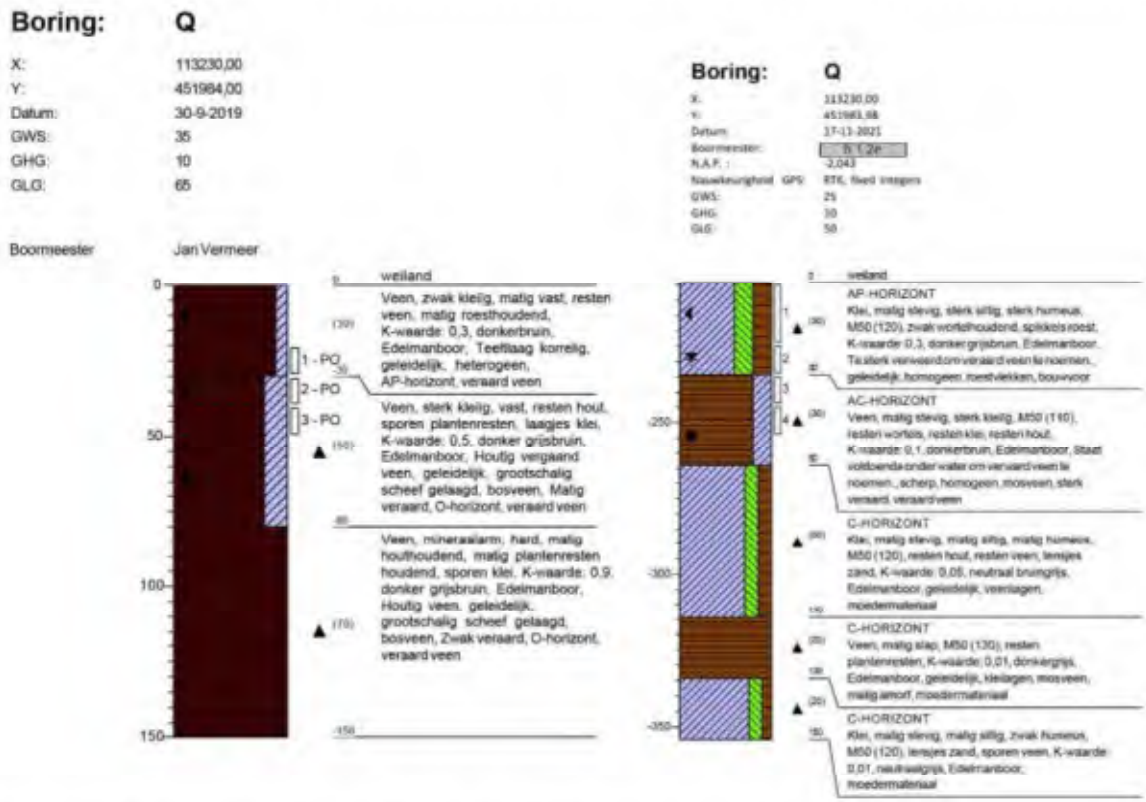
Voor locatie E was het advies om 30 cm te plaggen en aanvullend te verschralen voor de ontwikkeling van een Vochtig hooiland op veen (Tabel 4.2). De bouwvoor (30 cm dik, net als in 2019; Figuur 4.5) is matig verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 949 µmol/l en totaal-P: 25,4 mmol/l) en verschralen via maaien en afvoeren tot een Olsen-P streefconcentratie vergt ca. 40 jaar (bodempakket 0-25 cm). In overeenstemming met het onderzoek uit 2019 is op 30-40 cm-mv de ijzerrijke (totaal-Fe: 363 mmol/l) venige bodem voldoende schraal (Olsen-P: 544 µmol/l en totaal-P: 18,5 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 112 mmol/l). De aanvullende bodemanalyse bevestigt de eerder aanbevolen plagdiepte, maar het advies voor aanvullende verschraling vervalt.



Figuur 4.5. Bodemprofiel op locatie E in oktober 2019 (links) en november 2021 (rechts).

Locatie Q (GLG 50 cm-mv en GHG 10 cm-mv)

Voor locatie Q was het advies om 30 cm te plaggen voor de ontwikkeling van een Vochtig hooiland op veen (Tabel 4.2). De bouwvoor (30 cm dik, net als in 2019; Figuur 4.6) is fosfaatrijk (Olsen-P: 1971 µmol/l en totaal-P: 36,1 mmol/l) en verschralen via maaien en afvoeren tot een Olsen-P streefconcentratie vergt ca. 135 jaar (bodempakket 0-25 cm). Op 20-30 cm-mv is de ijzerrijke (totaal-Fe: 410 mmol/l) kleibodem in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 5 jaar maaien en afvoeren) voldoende schraal (Olsen-P: 876 µmol/l en totaal-P: 19,6 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 89 mmol/l). Op basis van de aanvullende bodemanalyse kan de eerder aanbevolen plagdiepte van 30 cm worden naar 20 cm, maar dan wel met beperkt aanvullend verschralingsbeheer. Na 30 cm plaggen is de ijzerrijke (totaal-Fe: 189 mmol/l) veenbodem voldoende schraal (Olsen-P: 282 µmol/l en totaal-P: 6,9 mmol/l) voor de ontwikkeling van Nat schraalland (totaal-Ca: 78 mmol/l).



Figuur 4.6. Bodemprofiel op locatie Q in oktober 2019 (links) en november 2021 (rechts).

Samenvatting controle plagdiepten

In Tabel 4.4 worden de op basis van het aanvullende bodemonderzoek adviezen gegeven. Het huidige onderzoek bevestigt grotendeels de eerder gegeven adviezen (Tomassen e.a., 2020). Alleen op locatie Q is het advies voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland bijgesteld van 30 cm naar 20 cm in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer. Na 30 cm plaggen is de veenbodem voldoende schraal voor de ontwikkeling van Nat schraalland (Tabel 4.4).

Tabel 4.4. Advies voor locatie A, D, E en Q op basis van het in 2021 uitgevoerde bodemchemische onderzoek. Voor de adviezen uit 2019 zie Tabel 4.2. De GLG en GHG na plaggen in deze tabel betreft de uit het bodemprofiel afgeleide GLG en GHG gecorrigeerd voor de maaiveldverlaging na plaggen. Voor een nadere toelichting en de gebruikte arcering zie het bijschrift van Tabel 4.2.

Loc.	Plag-diepte	Beheer-type	Kansrijk-dom	GLG na plaggen	GHG na plaggen	Grondsoort	HZT	OS	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	SCM	M3	M5	M8
A	30	VH		40	+10	klei, matig siltig, inspoeling	BC	17	671	16	1466	120	434	28	98	258	39	0,10	27	13	3
D	30	VH		25	+20	klei, matig siltig, sterk humeus	AC	26	640	15	1110	85	357	16	71	151	50	0,21	26	11	3
E	30	VH		20	+10	veen, sterk kleiig, sterk veraard	AC	23	544	18	1014	112	363	16	57	162	43	0,16	26	5	2
Q	20	VH	+	30	+10	klei, sterk siltig, sterk humeus, bv	Ap	29	876	20	1268	89	410	15	62	162	54	0,22	40	26	5
	30	NS		20	+20	veen, sterk kleiig, sterk veraard	AC	49	282	7	315	78	189	15	16	43	84	0,69	8	4	1

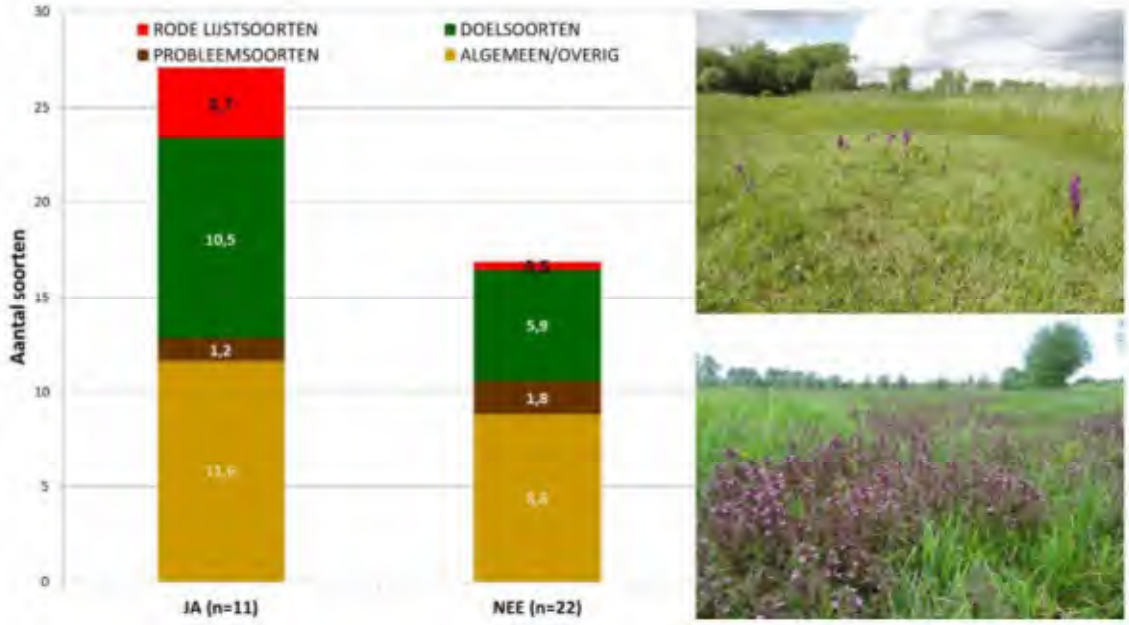
Kansrijkdom:

	Olsen-P ligt onder optimale streefconcentratie (NS: 300 µmol/l en VH: 500 µmol/l)
	Olsen-P ligt onder suboptimale streefconcentratie (NS: 500 µmol/l en VH: 800 µmol/l)
+	Olsen-P ligt boven suboptimale streefconcentratie, maar er is minder dan 10 jaar aanvullend verschralingsbeheer nodig

4.4 Aanvullende inrichtingsmaatregelen

De eerste jaren na het afgraven van de voedselrijke toplaag dient maaibeheer plaats te vinden om de ontwikkeling en uitbreiding van algemene/ruigte soorten te beperken. Doordat vaak vele zaden aanwezig zijn kunnen deze algemene soorten, ook onder P-arme condities, tot ontwikkeling komen. Door middel van een maaibeheer en het aanbrengen van maaisel of plagsel kan de groei van ongewenste algemene soorten worden onderdrukt. Opgemerkt dient te worden dat de lokale ontwikkeling van ruigtes op zichzelf niet nadelig is en zelfs kan bijdragen aan de diversiteit van een gebied. Vlinders, sprinkhanen, vogels en kleine zoogdieren kunnen hiervan profiteren.

Op de afgegraven locaties is het advies om kort na afgraven (<1 jaar) maaisel/plagsel op te brengen uit goed ontwikkelde referentielocaties om kolonisatie door doelsoorten te stimuleren. Geadviseerd wordt om dit 2 of 3 achtereenvolgende jaren te doen. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank vaak niets meer over. Natte, venige laagtes kunnen een uitzondering vormen. Zonder het uitstrooien van vers maaisel of plagsel uit geschikte referentiegebieden is de kans op vestiging van doelsoorten klein. Veel zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd in de herstelde terreinen. Het herintroduceren van doelsoorten uit zo lokaal mogelijke bronnen (in verband met de genetische diversiteit en de aanpassing aan lokale omstandigheden) leidt onder de juiste bodemchemische en hydrologische omstandigheden tot een succesvol herstel van ontgronde terreinen (Figuur 4.7).



Figuur 4.7. Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015. Op 33 locaties zijn vegetatieopnames gemaakt in gebieden waar door middel van ontgronding (minimaal 4 jaar geleden) voedselarme condities zijn gecreëerd op voormalige landbouwgronden ten behoeve van schraallandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel (11 locaties) en geen (22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgronding, heeft plaatsgevonden. De soorten zijn verdeeld over vier klassen: Rode Lijstsoorten, Doelsoorten, Probleemsoorten en Algemene/overige soorten. Bron: Onderzoekcentrum B-WARE. Rechts: Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalland met onder ander Moeraskartelblad, Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blauwe knoop, Vetblad, heidekartelblad, Gevlekte orchis, Welriekende nachtorchis, Brede orchis en Moeraswespenorchis door middel van het afgraven van de voedselrijke toplaag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's 5.1.2e.

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel waarbij idealiter 1m^2 vers verzameld maaisel over 1(-2) m^2 bodem wordt verspreid. Wanneer dit niet mogelijk is, kan het maaisel in een lagere dichtheid of in kleinere over het gebied verspreide zones worden opgebracht. Wanneer vers plagsel of bodemmateriaal uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhiza-schimmels) geïntroduceerd. Mycorrhiza-schimmels zijn van belang bij de opname van nutriënten onder voedselarme omstandigheden. Daarnaast beschermen ze de kiemlingen tegen verdroging. Het aanbrengen van maaisel of plagsel op een dichte zode is geen geschikte maatregel door het ontbreken van vestigingsplekken. Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.

Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd. Voor grondwaterafhankelijke natuurtypen zoals natte schraallanden en vochtige hooilanden is grondwaterinvloed in de wortelzone of het maaiveld vereist van circa oktober/november t/m maart/april om verzuring, de vorming van regenwaterlenzen en de ontwikkeling van zure vegetaties (op kansrijke locaties voor (zwak) gebufferde schraallande/hooilanden) tegen te gaan. Op plekken waar regenwater stagneert kunnen veenmossen gaan domineren, vooral op gebufferde bodems omdat hier veel CO_2 beschikbaar komt. In de zomerperiode zijn natte omstandigheden echter niet gewenst. Droogval van de toplaag in de zomermaanden kan zorgen voor een lagere beschikbaarheid van nutriënten.

60255 0044

5. LITERATUUR

Bekker, R.M., G.L. Verweij, R.E.N. Smith, R. Reine, J.P. Bakker & S. Schneider (1997) Soil seed banks in European grasslands: does land use affect regeneration perspectives? *Journal of Applied Ecology* 34: 1293-1310.

Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen (2016) Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad Natuur Bos Landschap* maart: 10-13.

Klimkowska, A., van Diggelen, R., Bakker, J. P. & Grootjans, A. P. (2007) Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* 140: 318-328.

Lamers, L., E. Lucassen, F. Smolders & J. Roelofs (2005) Fosfaat als adder onder gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H_2O* 38(17): 28-30.

Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs (2009) Verpitrussing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* 110 (1): 43-46.

Lucassen, E.C.H.E.T., A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2002) Potential sensitivity of mires to drought, acidification and mobilisation of heavy metals: the sediment S/(Ca+Mg) ratio as diagnostic tool. *Environmental Pollution* 120: 635-646.

Mullekom, M. van, A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.

Mullekom, M. van, A.J.P. Smolders, E. Brouwer & J.G.M. Roelofs (2009) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling en -herstel in het Hierdense beekdal binnen Landgoed Staverden. Een biogeochemisch en hydrologisch onderzoek. Rapportnummer: 2008.44b, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M.J. Weijters, R. Bobbink, H. Tomassen & A.J.P. Smolders (2013) Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* 114: 120-126.

Olsen S.R., C.W. Cole, R. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Dept. of Agriculture circular 939.

Scherpenisse, M.C., E. Verbaarschot, R. Bobbink & P.J.M. Verbeek (2016) Graslanden in Overijssel. Advies voor kwaliteitsverbetering van kruiden- en faunarijk grasland. Natuurbalans - Limes Divergens BV & Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006) De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 3(4): 5-11.

Smolders, A., J. van Diggelen, J. Loermans, G. van Dijk, M. van Mullekom & L. Lamers (2009) Ontgronden als maatregel voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* 110: 33-38.

Timmermans & Van Eekeren (2012) Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 1: 12-15.

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2016) Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* **45**: 701-708.

60255 0044

Tomassen, H., A. Visscher & M. van Mullekom (2020) Aanvullend bodemchemisch onderzoek en toetsing toekomstige waterpeilen Zuidzijderpolder en polder Abessinië. Rapport RP-19.148.19.100, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Tsiafouli, M.A., E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C. de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett, M.V. Brady, L. Bjornlund, H.B. Jørgensen, S. Christensen, T. D' Hertefeldt, S. Hotes, W.H.G. Hol, J. Frouz, M. Liiri, S.R. Mortimer, H. Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V. Wolters & K. Hedlund (2015) Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* **21**: 973-985.

60255 0044

www.b-ware.eu

BemestingsWijzer
Grasland
171 3 voor

Uw klantnummer: 8957924

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice@eurofins-agro.com
I www.eurofins-agro.com

Provincie Overijssel
Eenhheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Kopie

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
	768665/005094824	29-06-2020	08-07-2020

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag / vrij laag / goed / vrij hoog / hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	2770	1400 - 2050	
	C/N-ratio		13	13 - 17	
	N-leverend vermogen	kg N/ha	145	95 - 145	
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	13	20 - 30	
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	485	255 - 355	
	C/S-ratio		74	50 - 75	
	S-leverend vermogen	kg S/ha	13	20 - 30	
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	0,9	2,8 - 4,0	
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	190	150 - 215	
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	75	95 - 135	
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	120	90 - 140	
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	10	90 - 215	
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	990	755 - 1130	
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	230	115 - 170	
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	170	50 - 155	
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	15	65 - 110	
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	25	30 - 45	
Fysisch	Zuurgraad (pH)		5,3	5,0 - 5,7	
	C-organisch	%	2,9		
	Organische stof	%	5,4		
	C/OS-ratio		0,54	0,45 - 0,55	
	Koolzure kalk	%	< 0,2	2,0 - 3,0	
	Klei (<2 µm)	%	1		
	Silt (2-50 µm)	%	11		
	Zand (>50 µm)	%	83		
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	55	> 63	
	CEC-bezetting	%	97	> 95	
	Ca-bezetting	%	71	75 - 85	
	Mg-bezetting	%	20	6,0 - 10	
	K-bezetting	%	4,4	2,0 - 5,0	
	Na-bezetting	%	1,5	1,0 - 1,5	
	H-bezetting	%	0,2	< 1,0	
	Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0	

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag / vrij laag / goed / zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0	
Verslemping	rapportcijfer	8,1	6,0 - 8,0	

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch	Vochthoudend vermogen	mm	22						
	Microbiële biomassa	mg C/kg	605	270 - 810					
	Microbiële activiteit	mg N/kg	83	125 - 175					
	Schimmel/bacterie-ratio		0,5	0,7 - 1,0					

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

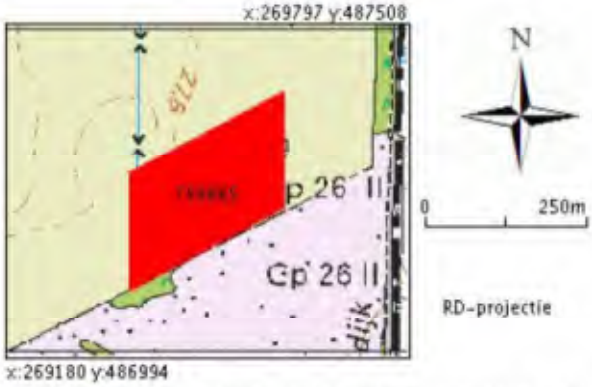
Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 34	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-PAE)	= 0,7	mg P/kg
Pw-getal	= 24	mg P_2O_5/l

Oostelijk Veehouderijgebied



Hoekpunten perceel: 269607 487223, 269609 487408, 269366 487279, 269369 487094, 269607 487223

Advies **Stikstof (N)** **2020 t/m 2023**

	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	341	zeer licht weiden	< 1000	52	14	11	11	13	12	12
		licht weiden	1000 - 1500	73	20	31	31	29	26	23
		normaal weiden	1500 - 2000	89	47	48	48	42	36	31
		licht maaien	2000 - 2500	103	71	64	64	51	43	
		normaal maaien	2500 - 3000	113	92	76	76	58		
		zwaar maaien	> 3000	119	110	86	86			
		standweiden		73	-	51	40	41	32	32

		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	2020 1e snede	2020 volgende snedes	2021 t/m 2023 1e snede	2021 t/m 2023 volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	0 (2e snede)	35	0 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		20	0	25	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		20	0	25	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	20	20 (3e maaien)	25	20
		normaal maaien	> 2500	20	25 (3e maaien)	25	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		65	15 (eenmalig)	65	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		65	85 (eenmalig)	65	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	105	70	105	70
		normaal maaien	> 2500	145	100	145	100

		2020	2021	2022	2023
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	120	120	120	120

		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	2020 1e snede	2020 volgende snedes	2021 t/m 2023 1e snede	2021 t/m 2023 volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)			0	0 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)			25	25 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)

		2020	2021	2022	2023
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	125	-	-	-
		Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 125			

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	0
	Calcium (CaO)	eenmalig	175
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
De P-buffering is 49 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

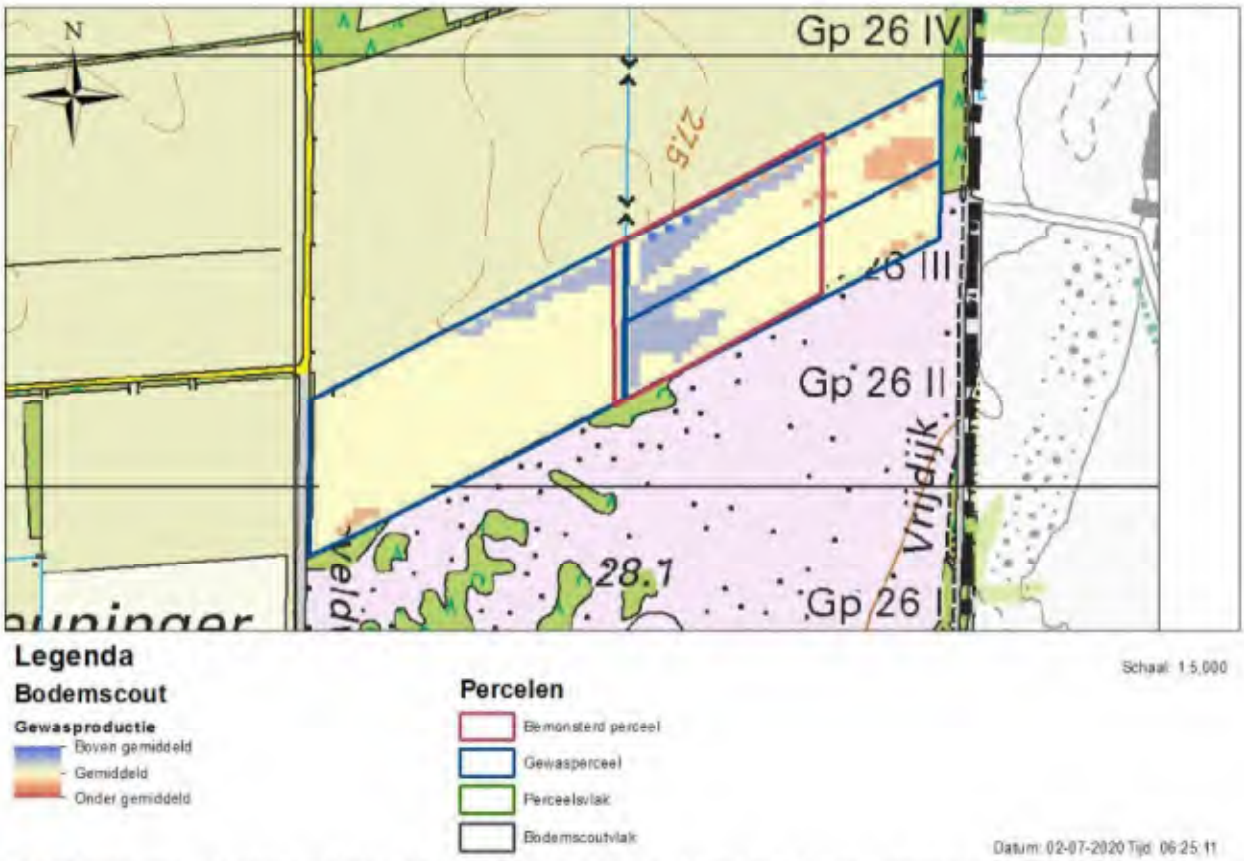
Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 17

Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

Bontheid



Legenda

Schaal: 1:5,000

Bodemscout

Gewasproductie

- Boven gemiddeld
- Gemiddeld
- Onder gemiddeld

Percelen

- Bemonsterd perceel
- Gewasperceel
- Perceelsvlak
- Bodemscoutvlak

Datum: 02-07-2020 Tijd: 06:25:11

BodemScout toont - gebaseerd op 9 jaar satellietbeelden - de structurele verschillen binnen een gewasperceel; waar deed het gewas het gemiddeld beter en waar slechter? Geeft de BodemScout aan dat uw perceel heel heterogeen is, dan kunt u eerst onderzoeken waardoor de verschillen veroorzaakt worden (zoals structuur, vochtbinding, (schadelijk) bodemleven, tekort aan nutriënten, pH-toestand) en vervolgens uw management aanpassen aan deze informatie.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Organische stof

Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 2,7

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Netto toename van effectieve organische stof.

Gewas(rest)	Aanvoer effectieve organische stof
Grasland 2e jaar na scheuren	1510
Grasland 3e jaar	2335
Grasland 4e jaar	2335
Grasland 5e jaar	2335
Gemiddelde aanvoer/jaar	2335

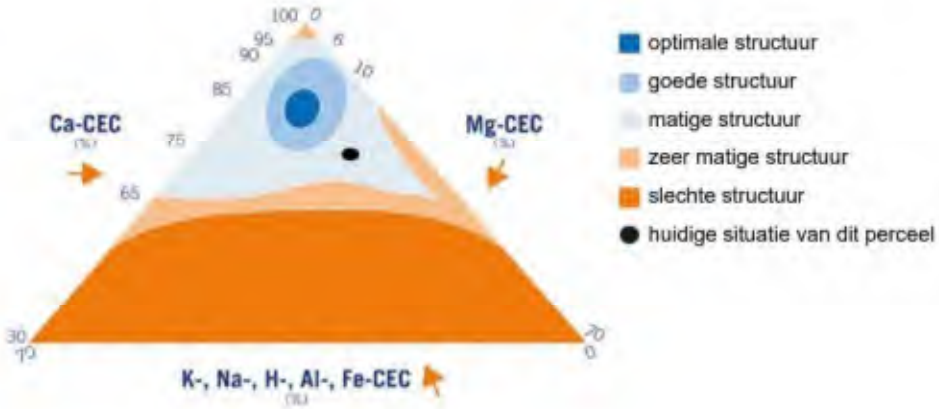
Figuur: Kwaliteit van de organische stof

Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek

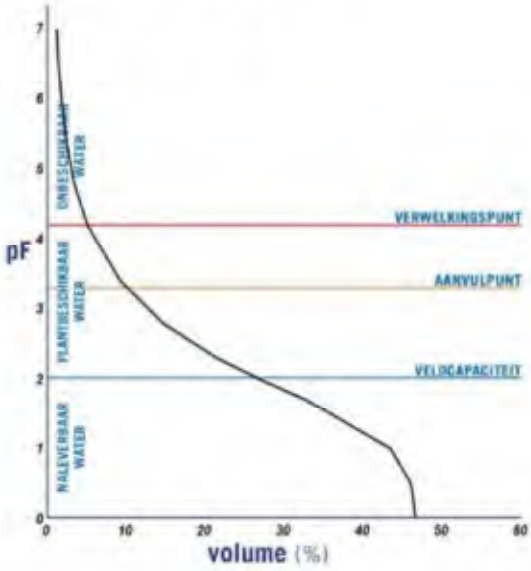


Fysisch **Figuur: Textuurdriehoek**

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 22 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 10,1 % vocht zit en geef dan 17 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, 5.1.2e
Contactpersoon monstername:	5.1.2e 5.1.2e
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Normaal

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Methode		Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse resultaten	N-totale bodemvoorraad	2190	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	S-plantbeschikbaar	10,5	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
	S-totale bodemvoorraad	385	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	P-plantbeschikbaar	0,7	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	P-bodemvoorraad	34	mg P_2O_5/100 g	Em: NIRS (TSC®)	
	K-plantbeschikbaar	61	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	K-bodemvoorraad	2,4	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-plantbeschikbaar	0,1	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-bodemvoorraad	44	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Mg-plantbeschikbaar	181	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Mg-bodemvoorraad	11,0	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Na-plantbeschikbaar	12	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Na-bodemvoorraad	0,8	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Zuurgraad (pH)	5,3		Em: NIRS (TSC®)	
	C-organisch	2,9	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	Organische stof	5,4	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	C-anorganisch	0,05	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Koolzure kalk	< 0,2	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei (<2 µm)	1	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Silt (2-50 µm)	11	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Zand (>50 µm)	83	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei-humus (CEC)	55	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële biomassa	605	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële activiteit	83	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Schimmel biomassa	103	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Bacteriële biomassa	218	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 01-07-2020

Klant: Staatsbosbeheer
Project: onderzoek grond locatie G & F
Locatie/adres: Bergschenhoek

Contactpersoon: 5.1.2e
team Advies & Projecten (ZH) - projecten | provinciale eenheid Zuid-Holland
Adviseur: 5.1.2e
Datum: 26-08-2022

Advies Innogreen BV		
	Klant:	Staatsbosbeheer
	Project:	Grondonderzoek
	Monster:	Bestaande grond
	Plaats:	Bergschenhoek, thv Hogelanddreef G & F
	Grondsoort:	kleigrond
	Adviseur:	5.1.2e
	Contact:	5.1.2e
	Datum:	26-08-2022

Analyse nummer(s):	Gazon	Border	Bomen	Plantsoen	Overig, namelijk:
SP22-028847					bloemenweide

Omschrijving project/locatie:

Het betreft een monster van een kleigrond aan de Hogelanddreef locatie G&F. De grond is hier een zware kleigrond. De toplaag is redelijk los (0-5 cm), maar daar direct onder heel erg vastgereden (10-30 cm) Het beoogde doel is de grond te verbeteren voor inzaai bloemenweide.

Toelichting uitslag bodemanalyse(s):

Het gehalte aan lutum is goed, silt en afslibbaar redelijk. Organische stof is goed. De pH is licht hoog. Koolzure kalk (CaCO3) is hoog, de hoeveelheid beschikbaar calcium goed, terwijl de bodemvoorraad wat aan de hoge kant is. De bodemvoorraad aan stikstof is (te) hoog terwijl kali & magnesium wat laag zijn. Fosfaat is te laag en zwavel wat te hoog. De C/N verhouding is voldoende voor deze grond. Beschikbaar is stikstof goed, fosfaat erg laag, kali voldoende en magnesium voldoende. Zwavel wat hoog. De CEC is prima en voornamelijk bezet met calcium. Voor een bloemenweide is er teveel stikstof, te weinig fosfaat en is de toplaagstructuur te vast.

Voorstel /advies

Om deze grond geschikt te maken voor bloemenweide dient de grond goed los gemaakt te worden met een spitfrees tot 20/30 cm.
Daarnaast fosfaat aanvullen en een klein beetje magnesium en kali geven om de verhouding met stikstof en calcium te balanceren.
De eerste twee jaar maaien en afvoeren om te verschralen (stikstof met name).
Kies een bloemen mengsel wat geschikt is voor rijkere gronden.

Toelichting advies/producten:

VaBomix 2 (NPK 3-8-18), bemesting van met name fosfaat en kali
Kieseriet, natuurlijke magnesium meststof

Innogreen BV aanvaardt geen aansprakelijkheid voor verminderde werking of eventuele schade als gevolg van uitgebrachte adviezen of een onjuiste toepassing/verwerking van haar producten.

Strooi-productadvies:

Adviezen in kg per 100 m² tenzij anders aangegeven!	Start voor inzaai					
Product/meststof:	**2022**	**toevoegen**				
Start met spitfrezen daarna strooien en egaliseren	oppervlakte					
VaBomix 2	5 kg					
kieseriet	2,5 kg					
2022						
2023 en 2024						
	april	**juni**	**november**			
Maaien en afvoeren						
2025						
BioBasis (NPK 8-3-8)	5 kg					
kieseriet	2,5 kg					

Overige opmerkingen verwerking:

Jaarlijks wat bijzaaien om soortenrijkdom te bevorderen.

Innogreen BV aanvaardt geen aansprakelijkheid voor verminderde werking of eventuele schade als gevolg van uitgebrachte adviezen of een onjuiste toepassing/verwerking van haar producten.

Locatie van bemonstering G & F

Het sterkts is de verdichting op deze plaats.

Maak de grond voldoende los met spitfrezen.

Innogreen BV aanvaardt geen aansprakelijkheid voor verminderde werking of eventuele schade als gevolg van uitgebrachte adviezen of een onjuiste toepassing/verwerking van haar producten.

Bijlage: algemene toelichting bodemanalyse onderdelen

Organische stof
De basis van een gezonde bodem. Organische stof is voldoende afgebroken organisch materiaal. Hierbij kan gedacht worden aan blad, takken, oude plantenstengels en gestorven bodemdiertjes. Het wordt ook wel eens stabiele humus genoemd. Een bodem met een gezond percentage organische stof kan goed vocht en voedingsstoffen aan zich binden. Organische stof zorgt naast structuur ook voor de levering van voeding als er voldoende omzetting is door het bodemleven.

Afslibbaarheid
De afslibbaarheid wordt veelal berekend uit de combinatie van lutum en silt in de bodem. Het zijn de kleideeltjes in de bodem. De kleinste deeltjes die er mede voor zorgen dat de grond voeding en vocht kan vasthouden. Bij te hoge percentages afslibbaarheid kan een bodem slempgevoelig worden.

pH (zuurgraad van de bodem)
De zuurgraad van een bodem zegt veel over de beschikbaarheid van voedingsstoffen voor een plant. Balans is hierbij een belangrijk woord. Sommige planten zijn gebaat bij een zuurdere grond met een lage pH (4.0 – 5.5). Dit noemen we de zuurminnende planten. Andere (de grootste groep) is gebaat bij een hogere pH (5.0 – 7.0). Afhankelijk van het type gewas kan een pH bepalend zijn voor het resultaat. Bij een te hoge pH worden bepaalde sporenelementen moeilijker opneembaar. Een te lage pH kan weer zorgen voor een slecht functionerend bodemleven waardoor organische stof niet wordt afgebroken.

Hoofd- en sporenelementen (voeding voor de plant)
Een plant neemt voedingselementen op uit de bodem. Deze elementen hebben allemaal hun functie en zijn noodzakelijk voor een goede groei. We onderscheiden twee groepen:

Hoofdelementen: stikstof, fosfaat, kalium, calcium, magnesium, zwavel

Sporenelementen: ijzer, koper, borium, molybdeem, mangaan, silicium en zink.

Een plant heeft vooral hoofdelementen in grote mate nodig. Sporenelementen neemt het veel minder op, maar die zijn wel essentieel voor een gezonde groei van de plant.

Calcium (Kalk)
Calcium is een belangrijk element in de bodem. Het draagt bij aan de structuur van de grond en is voor de plant van belang voor de stevigheid van de celwanden. Daarnaast wordt kalk gebruikt om een pH te verhogen of onderhoudsmatig op pijl te houden in een bodem.

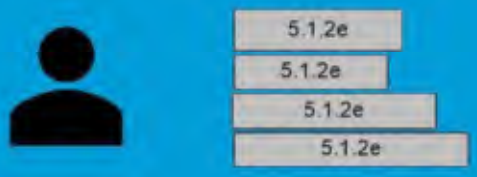
CEC (Cation Exchange Capicity)
Het CEC bepaald in hoeverre de grond voedingsstoffen aan zich kan binden. Dit hangt samen met het percentage organische stof en de afslibbaarheid. De bezetting van het CEC zegt iets over welke voedingsstoffen gebonden zijn aan de grond. Door omzetting kan dit op termijn vrijgemaakt worden. Het is dus geen voeding die, in de huidige vorm, opneembaar is voor de plant.

Innogreen BV aanvaardt geen aansprakelijkheid voor verminderde werking of eventuele schade als gevolg van uitgebrachte adviezen of een onjuiste toepassing/verwerking van haar producten.

van hall larenstein
university of applied sciences

LESA Prinsenmaat

Rapportage



60258

0047

LESA Prinsenmaat

Rapportage

Auteurs: 5.1.2e
5.1.2e
5.1.2e
5.1.2e

Minor Ecohydrologie
Hogeschool van Hall Larenstein te Velp

Opdrachtgever:
Staatsbosbeheer
5.1.2e

Begeleider Van Hall Larenstein:
5.1.2e

Velp, 21 januari 2022

Versie: Definitief

staatsbosbeheer

van hall larenstein
university of applied sciences

SAMENVATTING

In dit rapport wordt er een LESA uitgewerkt van natuurgebied de Prinsenmaat nabij Steenderen. De Prinsenmaat bevindt zich in een voormalige stroomgeul van de IJssel en bevindt zich significant lager dan het omliggende landschap. Hierdoor zijn er vochtige omstandigheden aanwezig waarbij vochtige half-natuurlijke graslandtypen en moerassen floreren.

De hoofdvraag van het onderzoek luidt als volgt:

"Op welke manier kan het projectgebied de Prinsenmaat hydrologisch geoptimaliseerd worden ten behoeve van de ontwikkeling van het grote zeggemoeras en het dotterbloemhooiland?"

Het doel van het onderzoek is het opstellen van een maatregelenpakket om het projectgebied hydrologisch zodanig in te richting dat het zorgt voor het behoud en uitbereiding van het grote zeggemoeras en het dotterbloemhooiland. Echter was het niet mogelijk om alle knelpunten op te lossen met maatregelen. Met name de vermoedelijke drainage van het grote zeggemoeras kan moeilijk concreet worden verklaard. Daarom zijn er alleen maatregelen voorgesteld ten behoeve van het dotterbloemhooiland.

De opzet van het onderzoek bestaat uit een literatuur- en veldwerkstudie van het projectgebied, waarbij de bodem, hydrologie, waterkwaliteit, vegetatie en abiotische randvoorwaarden voor de verschillende vegetaties worden beschreven. Nadat het onderzoek is afgrond zijn de verschillende onderdelen geïnterpreteerd en is de samenhang beschreven. Als laatste onderdeel zijn de knelpunten geanalyseerd, waarna er twee verschillende maatregelen beschreven zijn.

De belangrijkste bevindingen uit het onderzoek zijn dat de bodem van het projectgebied bestaat uit een kleiige, kalkhoudende deklaag. Daarnaast blijkt dat de droogte in de jaren 2018, 2019 en 2020 in het grote zeggemoeras sterk van invloed zijn geweest op de stijghoogte van het grondwater, wat als gevolg heeft dat het grondwater in de zomerperiode uitzakt onder het grondwaterniveau van de randvoorwaarden. In het dotterbloemhooiland blijkt het grondwater in 2018 ook uit te zakken, maar komt het door een peilopzet van Waterschap Rijn en IJssel weer redelijk op het oude niveau. Het grootste knelpunt zit in het dotterbloemhooiland waar de grondwaterstanden in het noordwesten te ver uitzakken voor de gewenste vegetatie.

Naast de waterkwantiteit is de waterkwaliteit een belangrijke sturende factor in het gebied. De lithotrofe watermonsters duiden op kwel gevoede systemen waarbij bepaalde plantengemeenschappen, zoals de associatie van waterkruiskruid en boterbloemen en de associatie van scherpe zegge floreren. In de ondergrond speelt de formatie van Kreftenheye een rol in de aanvoer van kwel, echter wordt het gehele projectgebied afgesloten met een kleiige holocene afzetting. Daarnaast zijn de zandbanen die op ongeveer 3 tot 4 m - mv liggen enigszins bepalend voor de hydrologie van het gebied. Het vermoeden bestaat dat deze zandbanen, die in verbinding staan met de IJssel, een drainerend effect hebben op het grote zeggemoeras.

Daarnaast dienen de standplaatscondities van het dotterbloemhooiland en het grote zeggemoeras als referentie om eventuele knelpunten in beeld te brengen. Er is gekozen voor de referentiewaarden van representatieve plantengemeenschappen, te weten: de associatie van scherpe zegge; typische subassociatie en de associatie van boterbloemen en waterkruiskruid. Voor de belangrijkste hydrologische randvoorwaarden, zie *Tabel 1*.

Tabel 1 Hydrologische referentiewaarden plantengemeenschappen

Referentie representatieve plantengemeenschappen	Associatie van boterbloemen en waterkruiskruid	Associatie van scherpe zegge; Typische subassociatie
GHG_Wamelink	-8 tot 12 cm-mv	-19 tot 2 cm-mv
GLG_Wamelink	39 tot 65 cm-mv	22 tot 59 cm-mv
GLG_Waternood	40 tot 60 cm-mv	30 tot 60 cm-mv

Gezien de ligging in het landschap en de ondergrond is het logisch dat er relatief natte omstandigheden met lokaal drogere gronden aanwezig zijn in het projectgebied. Door de lage ligging in het landschap vindt er grondwateraanvoer plaats, dit is terug te zien in de stiffdiagrammen die op een lithotroof karakter duiden. Wat hierin opvalt is dat er een verhoogd sulfaat [SO_4^{2-}] gehalte aanwezig is in het projectgebied. Deze verhoging is maximaal 13 maal zo groter dan de referentiewaarde van sulfaat in grondwater.

Het opgeloste bicarbonaatgehalte is relatief hoog. De combinatie van de waterkwantiteit en waterkwaliteit zorgt voor hoge natuurwaarden. De half-natuurlijke vegetatie, het scherpe zeggemoeras en het dotterbloemhooiland, floreert op natte, basenrijke standplaatsen. Daarnaast hangen de standplaatscondities samen met de kleiige bodem die voor extra buffering zorgt.

Na het vergelijken van de randvoorwaarden van de representatieve plantengemeenschappen en de huidige sturende factoren zijn de volgende hydrologische knelpunten naar voren gekomen:

- In de zomer zakt de grondwaterstand in het noordoosten van het dotterbloemhooiland zakt te ver uit in vergelijking met de vereiste GLG van de desbetreffende plantengemeenschap.
- De zomers van de recente jaren zakt het grondwater in het grote zeggemoeras te ver uit. Oorzaak kan het drainerende effect van de aanwezige zandbanen zijn, die in contact staan met de IJssel.
- Het sulfaatgehalte is verhoogd.

Om de knelpunten op te lossen zijn de volgende maatregelen bedacht:

- Verondiepen sloten in deelgebied 3: Door het verondiepen van de sloten zal de drainagebasis worden verhoogd, waardoor er minder kwelwater wordt afgevoerd.
- Plaatsen van stuwen in deelgebied 3: Door het plaatsen van stuwen wordt het slootpeil verhoogd. Hierdoor wordt de drainagebasis verhoogd, waardoor er meer kwel in de ondergrond wordt vastgehouden.
- Vervolgonderzoek

Aanbevolen wordt om de sloten in het dotterbloemhooiland te verdiepen. Deze maatregel is duurzamer dan het plaatsen van stuwen. Het verondiepen van de sloten brengt minder kosten en onderhoud met zich mee. Daarnaast past het verondiepen beter in het natuurlijke karakter en de ligging in het landschap.

Als belangrijkste vervolgonderzoek wordt het onderzoeken van de insnijding van de sloten in het zandpakket geadviseerd. Door hier onderzoek naar te doen kan er beter in beeld gebracht worden hoeveel er verondiept zal moeten worden en hoe groot de invloed van de sloten is bij de eventuele afvoer van de kwel. Ook wordt aanbevolen om de waterkwaliteit verder te onderzoeken. Er wordt aanbevolen om het fosfaat, ijzer en nitraat gehalte in elk deelgebied minstens eenmaal te bepalen.

INHOUD

Samenvatting

1 Inleiding 9

1.1 Aanleiding 9

1.2 Probleembeschrijving 9

1.3 Afbakening 10

1.4 Doel 10

1.5 Leeswijzer 10

2 Theoretisch kader 11

3 Onderzoeksmethodiek 13

4 Resultaten van de Literatuurstudie 16

4.1 Klimaat, gesteente en reliëf 16

4.1.1 Klimaat en Langjarig gemiddelde 1991-2020 16

4.1.2 Jaargemiddelden 2016-2020 17

4.1.3 Toekomst klimaat 17

4.1.4 Geomorfologie 18

4.1.5 Geologie 19

4.2 Hydrologie 21

4.2.1 Oppervlaktewater 21

4.2.2 Grondwater 21

4.3 Bodem en landgebruik 23

4.4 Historisch landgebruik 24

4.5 Vegetatie 25

4.5.1 vegetatieopname 1996 25

4.5.2 Vegetatieopname 2011 25

4.5.3 Interpretatie 26

4.6 Abiotische randvoorwaarden vegetatie 28

5 Resultaten veldwerk 30

5.1 Onderzoek grond- en oppervlaktewater 30

5.1.1 Resultaten genomen watermonsters 31

5.2 Bodemonderzoek 33

5.2.1 Resultaten grondonderzoek 33

6 Interpretatie 35

6.1 Hydrologie 35

6.1.1 Grondwaterstanden en oppervlaktewater 35

6.1.2 Stroomrichting oppervlaktewater 37

6.1.3 Duurlijnen 38
6.2 Waterkwaliteit 40
6.3 Bodem 42
7 Synthese 44
7.1 Waterkwaliteit 44
7.2 Bodem, vegetatie en hydrologie 45
7.2.1 Deelgebied 1: Grote Zeggenmoeras 45
7.2.2 Deelgebied 2: Dotterbloemhooiland 45
7.2.3 Deelgebied 3: Dotterbloemhooiland met slotensysteem 46
8 Knelpunten 47
8.1 Deelgebied 3 Dotterbloemhooiland 47
8.2 Deelgebied 1 Grote zeggemoeras 48
9 Maatregelen 49
9.1 Verondiepen van sloten 49
9.2 Lokale opstuwing oppervlaktewater 49
9.3 Advies 50
10 Conclusie, discussie en aanbevelingen 51
10.1 Conclusie 51
10.2 Discussie 52
10.3 Aanbevelingen 53
Literatuur 55
Bijlagen 59
I. Hydrologisch onderscheiden gebieden 60
II. Langjarig gemiddelde Neerslag 61
III. Langjarig gemiddelde Verdamping 62
IV. Langjarig gemiddelde temperatuur 63
V. Langjarig gemiddelde maximum temperatuur 64
VI. Langjarig gemiddelde minimum temperatuur 65
VII. Langjarig gemiddelde wind 66
VIII. grafiek neerslag en verdamping 2016-2020 67
IX. Grafiek gemiddelde temperaturen 2016-2020 68
X. Klimaatverandering per scenario voor 2050 en 2085 69
XI. Verwachting gemiddelde hoeveelheid neerslag 2050 en 2085 70
XII. Verwachte jaarlijkse verdamping 2050 en 2085 71
XIII. Verwachte Jaarlijkse neerslagtekort 2050 en 2085 72
XIV. Verwachte Neerslagtekort eens per 10 jaar 2050 en 2085 73

XV. Verwachte Gemiddelde zomertemperatuur 2050 en 2085 74
XVI. Paleogeografische kaart 3850 voor christus 75
XVII. Paleogeografische kaart 100 na christus 76
XVIII. Geomorfologische kaart projectgebied 77
XIX. Bodemopbouw projectgebied 78
XX. Hoogtekaart volledig projectgebied en omgeving 79
XXI. Hoogtekaart 1/2 dotterbloemhooiland 80
XXII. Hoogtekaart 2/2 Grote zeggemoeras 81
XXIII. Oppervlaktewaterkaart 82
XXIV. Meetreeks Vitens peilbuis B33G1198 83
XXV. Meetreeks Vitens peilbuis B33G1199 84
XXVI. Overschrijdingsduurlijnen peilbuis 33G1198001 2016-2019 85
XXVII. Overschrijdingsduurlijnen peilbuis 33G1199001 2016-2020 86
XXVIII. Gemiddelde laagste grondwaterstand volgens het amigo model 87
XXIX. Gemiddelde hoogste grondwaterstand volgens het amigo model 88
XXX. Bodemkaart projectgebied en omgeving 89
XXXI. Zandbanenkaart 90
XXXII. Landgebruik projectgebied 91
XXXIII. Landgebruik projectgebied en omgeving 92
XXXIV. Kadastrale kaart De Emmer 1810-1832 93
XXXV. Topografische militaire kaart 1850 94
XXXVI. Chromotopografische kaart des Rijks, rond 1900 95
XXXVII. Topografische kaart 1958 96
XXXVIII. Topografische kaart 1997 97
XXXIX. Vegetatiekartering Prinsenmaat 2011 grote zeggemoeras 98
XL. Vegetatiekartering Prinsenmaat 2011 dotterbloemhooiland 99
XLI. Watermonsterpunten veldwerk 100
XLII. Tabel algemene informatie over de watermonsters 101
XLIII. Stiffdiagrammen watermonsters 102
XLIV. Driehoek van Van Wirdum van de watermonsters 103
XLV. MAION-diagram van de watermonsters 104
XLVI. Grondboringen veldwerk 105
XLVII. Boorstaten deelgebied 1 grote zeggemoeras 106
XLVIII. Boorstaten deelgebied 2 dotterbloemhooiland 107
XLIX. Boorstaten deelgebied 3 dotterbloemhooiland 108
L. Oppervlaktestromingskaart van verwachte stroomrichting van sloten in het dotterbloemhooiland 109

LI. Overschrijdingsduurlijn Peilbuis 33G1198001 2016 110
LII. Overschrijdingsduurlijn Peilbuis 33G1198001 2017 111
LIII. Overschrijdingsduurlijn Peilbuis 33G1198001 2018 112
LIV. Overschrijdingsduurlijn Peilbuis 33G1198001 2019 113
LV. Overschrijdingsduurlijn Peilbuis 33G1198002 2016 114
LVI. Overschrijdingsduurlijn Peilbuis 33G1198002 2017 115
LVII. Overschrijdingsduurlijn Peilbuis 33G1198002 2018 116
LVIII. Overschrijdingsduurlijn Peilbuis 33G1198002 2019 117
LIX. Overschrijdingsduurlijn Peilbuis 33G1199001 2016 118
LX. Overschrijdingsduurlijn Peilbuis 33G1199001 2017 119
LXI. Overschrijdingsduurlijn Peilbuis 33G1199001 2018 120
LXII. Overschrijdingsduurlijn Peilbuis 33G1199001 2019 121
LXIII. Overschrijdingsduurlijn Peilbuis 33G1199001 2020 122
LXIV. Overschrijdingsduurlijn Peilbuis 33G1199002 2016 123
LXV. Overschrijdingsduurlijn Peilbuis 33G1199002 2017 124
LXVI. Overschrijdingsduurlijn Peilbuis 33G1199002 2018 125
LXVII. Overschrijdingsduurlijn Peilbuis 33G1199002 2019 126
LXVIII. Overschrijdingsduurlijn Peilbuis 33G1199002 2020 127
LXIX. Vergelijking GLG (cm -mv) randvoorwaarden met dotterbloemhooiland 128
LXX. Stijghoogteverloop peilbuis B33G98001 t.o.v. randvoorwaarden GLG dotterbloemhooiland 129
LXXI. Vergelijking GLG (cm -mv) randvoorwaarden met grote zeggemoeras 130
LXXII. Stijghoogteverloop peilbuis B33G99001 t.o.v. randvoorwaarden GLG grote zeggemoeras 131
LXXIII. Vergelijking GHG (cm -mv) randvoorwaarden met grote zeggemoeras 132
LXXIV. Stijghoogteverloop peilbuis B33G99001 t.o.v. randvoorwaarden GHG grote zeggemoeras 133
LXXV. Locaties stuwen 134

1 INLEIDING

Dit onderzoeksrapport is gericht op een landschappelijke ecosysteem analyse voor de Prinsenmaat nabij Steenderen. In de inleiding zullen de aanleiding van het onderzoek, de probleembeschrijving, de afbakening en het doel van het onderzoek worden toegelicht.

1.1 AANLEIDING

De Prinsenmaat is onderdeel van het Gelders natuurnetwerk (Stichting Landschapsbeheer Gelderland, z.d.). Dit natuurgebied is gelegen ten zuidwesten van Steenderen (zie *figuur 1*). In het gebied zijn verschillende vegetatietypen aanwezig, zoals dotterbloemhooilanden en een groot zeggemoeras. Staatsbosbeheer wil de natuur in dit gebied behouden en versterken. De droge zomers van de afgelopen drie jaar hebben mogelijk invloed gehad op het gebied. Het is voor Staatsbosbeheer van belang om de hydrologische situatie in het gebied goed in kaart te hebben om zo passende maatregelen te treffen om het gebied zo optimaal mogelijk in te richten.

Figuur 1: Projectgebied Prinsenmaat

1.2 PROBLEEMBESCHRIJVING

De Prinsenmaat ligt in een oude rivierloop van de IJssel. De laatste jaren heeft hier vermoedelijk verdroging plaatsgevonden. Verdroging is een proces dat in Nederland al enkele decennia optreedt als gevolg van jarenlange ontwatering van gebieden door bijvoorbeeld sloten. De gevolgen voor de natuur zijn aanzienlijk. In 1978 is geconstateerd dat in gebieden, waarin de waterhuishouding beïnvloed is, zeldzame en hydrologisch kwetsbare gemeenschappen waren verdwenen (Van Dam & Van Apeldoorn, 1978). Uit onderzoek blijkt dat de schade aan de natuur niet zozeer veroorzaakt werd door onvoldoende beschikbaar water voor potentiële verdamping, maar dat de schade met name werd veroorzaakt door veranderingen in de bodem. Door het verlagen van grondwaterpeilen en veranderingen in de waterkwaliteit worden bodemprocessen beïnvloed, zoals de afbraak van organische stof waarbij voedingstoffen vrijkomen. Daarnaast is grondwaterafhankelijke natuur door verdroging extra gevoelig voor stikstofdepositie en verzuring. De hoge grondwaterstanden zorgen namelijk voor denitrificatie en aanvoer van basenrijk grondwater waarbij buffering van de bodem-pH plaatsvindt. Door verdroging vallen deze processen weg (Witte, van EK, Runhaar, & van den Eertwegh, 2019).

De landelijke trend van verdroging is ongunstig voor vegetatietypen zoals dotterbloemhooiland en grote zeggemoerassen. Het is daarom van belang dat de waterkwantiteit en waterkwaliteit aan de randvoorwaarden van de vegetatietypen voldoen. Er is echter een onvoldoende beeld van zowel de lokale- als de regionale waterhuishouding. Zo is niet duidelijk waar de kwel vandaan komt. Daarnaast is het onbekend wat de hoogteligging en peilen zijn van het oppervlaktewater en de verschillende kunstwerken, wat de waterkwaliteit in het gebied is, hoe de samenhang is tussen lokale en regionale waterhuishouding, en hoe de bodem in het projectgebied is opgebouwd. Verder is het onbekend wat de rol van de doorgevoerde peilverhoging door waterschap Rijn en IJssel in de Olburgse Rha is en wat de consequenties hiervan zijn voor kwelafhankelijke vegetatietypen. Uit deze aandachtspunten volgt de vraag hoe het gebied hydrologisch functioneert en hoe het systeem een bijdrage kan leveren aan de optimalisatie van de twee vegetatietypen. Het is dus onduidelijk welke 'draaiknoppen' er zijn en hoe deze kunnen worden ingezet om de vegetatietypen dotterbloemhooiland en grote zeggemoeras te optimaliseren.

Uit de probleemanalyse volgen de volgende hoofd- en deelvragen:

***Hoofdvraag**:*
Op welke manier kan het projectgebied de Prinsenmaat hydrologisch geoptimaliseerd worden ten behoeve van de ontwikkeling van het grote zeggemoeras en het dotterbloemhooiland?

***Deelvragen**:*
1. *Wat zijn de huidige sturende factoren van het projectgebied de Prinsenmaat?*
2. *Wat zijn de standplaatscondities voor de vegetatietypen grote zeggemoeras en dotterbloemhooiland.*
3. *Hoe verhouden de sturende factoren van het projectgebied de Prinsenmaat zich tot elkaar?*
4. *Wat zijn de knelpunten binnen het projectgebied de Prinsenmaat?*
5. *Welke maatregelen kunnen er getroffen worden om de knelpunten binnen het projectgebied de Prinsenmaat op te lossen?*

1.3 AFBAKENING

Om de hoofd- en deelvragen te beantwoorden wordt een landschappelijke ecologische systeemanalyse (LESA) uitgevoerd in het projectgebied (zie *figuur 1*). Het projectgebied is opgedeeld in drie deelgebieden, deelgebied 1 het grote zeggenmoeras, deelgebied 2 het dotterbloemhooiland en deelgebied 3 het dotterbloemhooiland met ontwateringssloten. Het onderzoek zal worden uitgevoerd volgens de standaardaanpak voor een LESA, zoals beschreven staat in het rapport 'Werkkader LESA' (Baaijens, Grootjans, Jansen, & van der Molen, 2010). Het onderzoek is uitgevoerd tijdens het tijdsbestek van de minor Ecohydrologie tussen september 2021 en januari 2022 en is uitgevoerd door de vierdejaars studenten 5.1.2e , 5.1.2e , 5.1.2e en 5.1.2e 5.1.2e .

1.4 DOEL

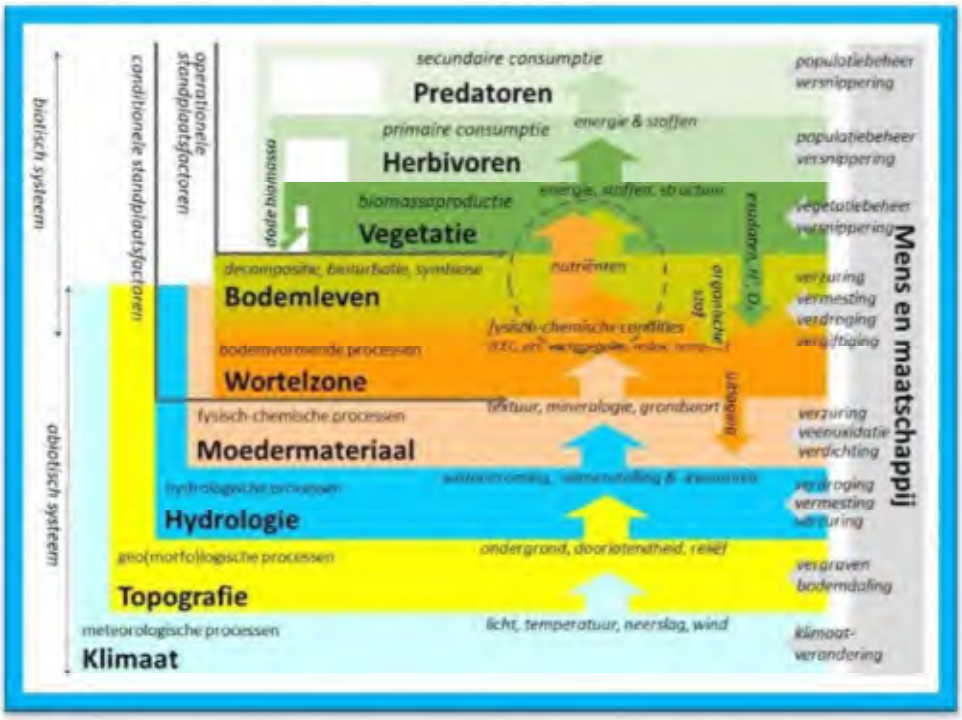
Het doel van onderzoek is het opstellen van maatregelenpakket om het projectgebied hydrologisch zodanig in te richten dat het zorgt voor behoud en uitbereiding van het grote zeggemoeras en het dotterbloemhooiland.

1.5 LEESWIJZER

Dit onderzoeksrapport is in verschillende fasen opgebouwd. In *hoofdstuk 2* staat het theoretisch kader. In dit hoofdstuk wordt relevante achtergrondinformatie voor dit project beschreven. In *hoofdstuk 3* staat de methodiek van het hoofdstuk beschreven. In *hoofdstukken 4 en 5* zijn de verkregen resultaten vermeld. Deze resultaten zijn geïnterpreteerd in *hoofdstuk 6*. In *hoofdstuk 7* volgt de synthese. In *hoofdstuk 8* worden de knelpunten besproken, waarna in *hoofdstuk 9* maatregelen worden voorgesteld om deze knelpunten op te lossen. Al het voorgaande wordt vervolgens in de conclusie (*hoofdstuk 10*) genoemd.

2 THEORETISCH KADER

Bij het verdwijnen, behoud en realisatie van (natuur)gebieden spelen vele factoren een rol. Binnen een landschapsecologische Systeem Analyse (LESA) wordt inzicht verkregen in het ontstaan en functioneren en van een bepaald (natuur)gebied. In dit theoretisch kader worden de factoren stapsgewijs beschreven aan de hand van het landschaps-ecologisch rangorde model (*Figuur 2*). De verkregen informatie in dit hoofdstuk is opgehaald van natuurkennis (OBN, zd).



Figuur 2: Landschaps-ecologisch systeem: rangorde model (Van Belle, De Graaf, & Van Loon, zd).

Klimaat

Het klimaat is de onderliggende factor van alle andere processen die er in een bepaald gebied optreden. Zowel de biotische als abiotische (behalve het klimaat zelf) omstandigheden in een (natuur)gebied zijn afhankelijk van meteorologische factoren zoals hoeveelheid licht, temperatuur, neerslag en wind. Door antropogene invloeden verandert het klimaat snel waardoor diverse soorten die op dit moment aanwezig zijn in een gebied mogelijk in de toekomst niet kunnen overleven (OBN, zd). Het is dus van belang om binnen een LESA te onderzoeken wat het huidige klimaat voor invloed heeft op een (natuur)gebied. En wat eventuele gevolgen van klimaatverandering kunnen zijn op het desbetreffende (natuur)gebied.

Topografie
Binnen de topografie worden kenmerken van een (natuur)gebied beschreven. De gelaagdheid van de bodem speelt hierin een belangrijke rol. De aanwezige bodemlagen zeggen iets over hoe het grondwater stroomt in, naar en van het desbetreffende (natuur)gebied. Binnen deze bodemlagen wordt vooral onderscheid gemaakt tussen slechtdoorlaatbare lagen en watervoerende pakketten. Verder behoren aspecten zoals het reliëf en de historie van en rondom het (natuur)gebied tot het onderwerp topografie.

Hydrologie
De hydrologie gaat voornamelijk over de waterhuishouding van een (natuur)gebied. Aan de bodemgelaagdheid (zie topografie) kunnen diverse hydrologische eigenschappen zoals stromingsrichting van (grond)water, kwel, inzijging, inundatie en stagnatie van (grond)water worden herleid (OBN, zd). Deze aspecten zijn bepalend voor de kwantiteit van water binnen het desbetreffende (natuur)gebied.

Naast de kwantiteit van (grond)water is ook de kwaliteit zeer belangrijk. De kwaliteit gaat over de samenstelling van het (grond)water in een (natuur)gebied. Deze samenstelling is bepalend voor het type (natuur)gebied dat aanwezig is. De parameters pH, calcium [Ca] chloride [Cl], sulfaat [SO_4], carbonaat [CO_3], bicarbonaat [HCO_3], natrium [N], kalium [K], magnesium [Mg]en elektrisch geleidend vermogen (EGV) geven een indicatie van de kwaliteit van het (grond)water.

De factor hydrologie is samen met de factoren klimaat en topografie bepalend voor positionele factoren (sturende eigenschappen en factoren) in een (natuur)gebied.

Moedermateriaal
De factor moedermateriaal is van indirecte invloed op de aanwezige vegetatie in een (natuur)gebied. Deze is daarom een conditionele standplaatsfactor. Deze indirecte invloeden gaan via de fysisch-chemische processen die in de bodem optreden. Dit is met name afhankelijk van afhankelijk van de textuur, mineralogie en grondsoort. Deze aspecten bepalen onder andere hoe goed water kan worden vastgehouden of in hoeverre nutriënten kunnen worden gebonden. Kleigronden kunnen bijvoorbeeld meer nutriënten vasthouden dan zandgronden. Daarnaast zal het water ook sneller in zandgronden kunnen infiltreren naar diepere delen van de bodem. Ook is de bodemsamenstelling en de afstand die het kwelwater door de bodem aflegt van invloed op de waterkwaliteit. Dit komt omdat het water in de bodem allerlei stoffen kan opnemen.

Wortelzone en bodemleven
De factoren wortelzone en bodemleven gaan over de standplaatscondities in de bodem dat direct in contact staat met de (wortels van de) vegetatie. De factor wortelzone gaat over de abiotische condities en de factor bodemleven over de biotische condities. Deze vormen bepalen de operationele standplaats factoren voor de vegetatie in een (natuur)gebied. Het gaat hierbij dan om de beschikbaarheid van nutriënten voor de groei van vegetatie. En om andere fysisch chemische factoren zoals de pH, vochtgehalte, redoxpotentiaal en temperatuur van de bodem (OBN, zd). Deze factoren zijn direct van invloed op plantengroei.

Biotische factoren: Vegetatie, herbivoren en predatoren
Hiervoor beschreven milieucompartimenten betreffen voornamelijk abiotische processen of (biotische) indicatoren hiervan. De flora en fauna staan helemaal boven aan het rangordemodel. Dit betekent dat deze worden bepaald door de onderliggende factoren.

3 ONDERZOEKSMETHODIEK

Om antwoord te kunnen geven op de hoofd- en deelvragen is er informatie verzameld om een LESA op te stellen. Er is gewerkt volgens een stappenplan om het project gestroomlijnd te laten verlopen. In dit hoofdstuk is per fase ingegaan op de verschillende methodes die zijn gebruikt om een zo volledig mogelijk beeld te krijgen van het projectgebied de Prinsenmaat. De opbouw van de fasen is in *Figuur 3* weergegeven. De methodiek staat per fase in de volgende koppen beschreven. Deze methodiek is gebaseerd op de informatie die staat beschreven in het theoretisch kader en het 'Werkkader LESA' (Baaijens, Grootjans, Jansen, & van der Molen, 2010).

Figuur 3: Fasering van het project

Vaststellen onderzoeksvragen en opstellen plan van aanpak (fase 0)
In de eerste fase van het onderzoek betreft de probleemstelling van het onderzoek. Deze is vastgelegd aan de hand van de hoofd- en deelvragen. Allereerst is er contact opgenomen met de opdrachtgever. Na het vaststellen van de wensen van de opdrachtgever is een plan van aanpak opgesteld. Het plan van aanpak is vervolgens naar de wensen van de opdrachtgever aangepast.

Literatuurstudie (fase 1a)
In de literatuurstudie wordt onderzoek gedaan naar de standplaatscondities van de gewenste natuurtypen. Sommige gegevens zijn opgevraagd via de opdrachtgever, andere gegevens zijn verkregen aan de hand van een studie van verschillende bronnen. Er zijn gegevens verzameld van de volgende onderwerpen:

- Methodiek Klimaat, gesteente en reliëf
- Hydrologie
- Bodem en recent landgebruik
- Vegetatie
- Historisch landgebruik
- Referentiewaarden (de omstandigheden voor een gewenste situatie).

Tijdens de literatuurstudie is het werk kader LESA (Baaijens, Grootjans, Jansen, & van der Molen, 2010) als leidraad gebruikt. Hierin staan de stappen die zijn verricht uitgebreid beschreven. Alleen het onderwerp 'dieren' is binnen dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

Veldwerk en laboratoriumanalyses (fase 1b)
Op 15- en 16 november 2021 zijn de veldwerkzaamheden ten behoeve van dit project uitgevoerd. Tijdens deze twee dagen zijn peilbuizen geplaatst en bemonsterd en zijn diverse grondboringen verricht. Ook zijn de bodemprofielen van deze boringen tijdens deze veldwerkdagen gedetermineerd. Naast de grondwatermonsters zijn er een tweetal watermonsters van het oppervlaktewater genomen.

De watermonsters bestaan uit vier grondwatermonsters en twee oppervlakte watermonsters (bijlage XLI). De grondwatermonsters zijn een viertal peilbuizen bemonsterd. De oppervlaktewatermonsters zijn 30 centimeter onder wateroppervlak bemonsterd. De peilbuizen stonden verspreid over het gehele gebied. In elk deelgebied een ondiepe peilbuis geplaatst. De peilbuizen zijn op 2 meter beneden maaiveld geplaatst. De totale filterlengte van de peilbuizen bedraagt 1 meter. Dus er zijn bij de ondiepe peilbuizen grondwatermonsters genomen op 1 tot 2 meter beneden maaiveld. In deelgebied 1 is naast de ondiepe peilbuis ook een diepe peilbuis geplaatst. Deze peilbuis is gezet op 3 meter diepte. Uit deze peilbuis is een grondwatermonster genomen van 2 tot 3 meter beneden maaiveld. De grondwatermonsters zijn na bemonstering gekoeld bewaard en binnen 24 uur na het bemonsteren geanalyseerd op de parameters pH, Ca, Mg, K, Cl, HCO_3, SO_4 en de EGV.

Het natriumgehalte kon niet worden bepaald. Om toch natrium mee te nemen in de interpretatie van de gegevens is het natriumgehalte berekend op basis van de waarden van de andere parameters. Dit is uitgevoerd volgens de MAIONdP methodiek (Wirdum, 1991). De invloed van deze berekening op de uiteindelijke resultaten staat in de discussie beschreven.
De peilbuizen zijn minstens 24 uur voor de bemonstering geplaatst. Het boorgat waarin de peilbuis was geplaatst was tijdens deze 24 uur open. Er is een periode uitgezocht waarin geen neerslag viel waardoor de resultaten eventueel worden beïnvloed. Na bemonstering is de peilbuis uit het boorgat verwijderd en is het boorgat afgesloten.

Daarnaast zijn er tien grondboringen verricht in het projectgebied (XLVI). Deze boringen zijn tot maximaal 120 centimeter beneden maaiveld uitgevoerd. Het bodemprofiel is zo nauwkeurig mogelijk uitgelegd op een zijl om zo het bodemprofiel ter plekke te determineren. Om het bodemprofiel te determineren is de pH, kleurcode, en kalkgehalte van de bodem bepaald. Daarnaast is er bepaald wat voor bodemmateriaal in de bodem aanwezig is. Ook is gekeken hoe hoog de grondwaterstand was in het boorgat. Dit is bepaald aan de hand van roestverschijnselen en de grondwaterstand in het boorgat. Op basis van deze gegevens is het bodemprofiel op naam gebracht. Alle boorgaten zijn na de determinatie afgesloten.

Interpretatie en synthese literatuur- en veldwerkgegevens (fase 2)
In fase 2 zijn alle verkregen gegevens geïnterpreteerd. In deze fase zijn geen externe bronnen geraadpleegd.

Aan de hand van overschreidingsduurlijnen is er bepaald of er kwel, wegzijging of stagnantie in het projectgebied aanwezig was van 2015 tot en met 2020. Per kalenderjaar is een overschrijdingsduurlijn gemaakt. Deze lijnen staan in *bijlage I* weergegeven.

Waterkwaliteit
De referentiepunten van atmotroof, lithotroof, thallasotroof en Rijnwater dienen als leidraad bij de interpretatie van de kwaliteit van de watermonsters. Voor de interpretatie van de watermonsters zijn de watermonsters uitgezet in stiff diagrammen, Van Wirdum driehoeken en MAION-diagrammen. In deze grafieken zijn atmotroof, lithotroof, thallasotroof en Rijnwater als referentiepunt in de grafiek gezet. De concentraties of waarden van elke parameters voor de referentietypen staan vermeld in *Tabel 2*.

Tabel 2 Referentiepunten lithotroof (Li-Ang), atmotroof (AT-W80), thallasotroof (TH-N70), Rijn (MoRhl) en verdund lithotroof water (LiHdu). Bron: (Bongers, 2021)

Referentie punt	pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K	Cl (mg/l)	HCO_3 (mg/l)	SO_4 (mg/l)	EGV (mS/m)
Li-Ang	7,3	115	8	12	2	11	402,6	13	65,1
At-W80	4,22	0,42	0,2	1,6	0,23	2,97	0	5,79	5,01
Th-N70	8,3	420	1400	10480	390	19100	122	2640	5200
MoRhl	7,8	82	10	96	7	178	158,6	80	99,6
LiHDu	8,3	33	4,1	11,5	1	12	119	10,9	22,5

Op basis van de patronen die in de stiff diagrammen gecreëerd is de referentie voor elk watermonster bepaald. Dit doormiddel van de patronen van de referentie wateren (atmotroof, lithotroof, Thallasotroof en Rijnwater) te vergelijken met de patronen van de watermonsters. Op basis van deze vergelijking wordt de afkomst van het water in het watermonster ingeschat.

Naast stiff diagrammen zijn de watermonsters en de referentiepunten tegen elkaar uitgezet in Van Wirdum driehoeken en MAION-diagrammen. Op basis van isopleten is ingeschat wat de mengverhoudingen zijn van de referentiepunten in het watermonster. Op basis van de mengverhoudingen is de herkomst van het water ingeschat. Nadat de herkomst van het water is ingeschat is een gebied specifieke toelichting gegeven over herkomst van het water.
Al de gegevens worden in de synthese met elkaar vergeleken. Er zijn naar zoveel mogelijk verklaringen gezocht voor de resultaten die verkregen zijn in de voorgaande fasen. De gegevens waarover een verklaring kon worden gegeven zijn in het hoofdstuk 'synthese' deskundig onderbouwd. De onzekerheden of onverklaarbare gegevens zijn in de discussie besproken.

Knelpunten analyse (fase 3a)
Na het doorlopen van de eerdere fases zijn de knelpunten geanalyseerd. Er is onderzocht waar de kennislacunes en onzekerheden liggen. Dit is gedaan door de resultaten te vergelijken met de referenties die gelden voor een gewenste situatie. De resultaten die niet voldoen aan deze referentiewaarden zijn in dit hoofdstuk besproken.

Opstellen maatregelen (fase 3b)
In deze fase zijn er maatregelen opgesteld voor de knelpunten die zijn verkregen uit de knelpunten analyse. In dit hoofdstuk zijn maatregelen opgesomd om de knelpunten te verhelpen.

Advies (fase 4)
Op basis van de knelpunten zijn een aantal maatregelen opgesteld. In dit hoofdstuk wordt op een deskundige manier onderbouwd welke maatregelen het beste kunnen worden uitgevoerd om de knelpunten op te lossen. Daarnaast worden eventuele vervolgonderzoeken aanbevolen om onzekerheden uit te sluiten.

4.1 KLIMAAT, GESTEENTE EN RELIËF

Figuur 4 Projectlocatie ten opzichte van weerstations

Globale en langdurende processen hebben in grote lijnen invloed op het gebied. Het klimaat, gesteente en reliëf vormen de basis voor de lokale processen in het gebied die in komende hoofdstukken zijn beschreven. In dit hoofdstuk zijn de klimaatfactoren bekeken over een langjarig gemiddelde van 1991 tot en met 2020 en over de afgelopen 5 jaar, van 2016 tot en met 2020. Ook wordt er in dit hoofdstuk vooruit gekeken naar 2050 en 2085 naar een aantal relevante factoren voor het gebied. Er is gekeken naar de gegevens van weerstation Deelen, deze ligt het dichtste bij het projectgebied (zie *figuur 4*).

4.1.1 KLIMAAT EN LANGJARIG GEMIDDELDE 1991-2020

Klimaat wordt beschreven als een gemiddelde over een periode van 30 jaar. In de bijlages zijn kaarten weergegeven voor het meerjarig gemiddelde in Nederland van de neerslag (*bijlage II*), verdamping (*bijlage III*), gemiddelde temperatuur (*bijlage IV*), gemiddelde maximumtemperatuur (*bijlage V*), gemiddelde minimumtemperatuur (*bijlage VI*) en windkracht en richting (*bijlage VII*). Uit kaarten is af te leiden dat de waarden in het projectgebied overeenkomen met de waarden gemeten in Deelen. De langjarig gemiddelde jaarlijkse neerslag in het gebied bedraagt 868mm per jaar en de langjarig gemiddelde verdamping bedraagt 570,1mm per jaar. De langjarig gemiddelde temperatuur is 10,1C°, met een langjarig gemiddelde maximum van 14,4C° en een langjarig gemiddeld minimum van 5,7C°. Voor de wind wordt er gekeken naar weerstation De Bilt. De meest voorkomende windrichting over de periode tussen 1991 en 2020 is zuidwest. Een zuidzuidwestenwind met een kracht van 3 tot 4 Beaufort is met 10% de meest voorkomende waarde. Ongeveer 3,5% van de tijd komt een

Tabel 3: Klimaat Deelen langjarig gemiddelde 1991-2020 (KNMI, zd)

Deelen, langjarige gemiddelden, tijdvak 1991-2020

275	Temperatuur (°C)			Neerslag			Verdamping	Wind			
	gemiddeld	gemiddeld minimum	gemiddeld maximum	duur in uren	in % van de tijd	som in mm	som in mm	Pdr. wind	Gem. wind	Hoogste wind	Windrichting
								snelheid in m/s *1	snelheid in m/s	hoogste (uurgemid. windsnelheid in m/s	hoogste windstoot in m/s *2
jan	2.9	0.0	5.4	84.4	11.3	79.5	8.1	*	4.6	6.7	11.2
feb	3.2	-0.0	6.5	69.4	10.2	63.7	14.9	*	4.4	6.6	11.5
mrt	5.9	1.6	10.3	61.3	8.2	60.7	34.4	*	4.2	6.6	11.2
apr	9.6	3.8	14.9	38.6	5.4	43.8	60.4	*	3.8	6.3	10.8
mei	13.3	7.5	18.6	46.6	6.3	62.9	85.1	*	3.7	6.1	11.0
jun	16.1	10.4	21.3	40.0	5.6	69.1	92.7	*	3.4	5.7	10.5
jul	18.1	12.6	23.4	44.3	6.0	86.5	96.8	*	3.3	5.6	10.4
aug	17.7	12.3	23.0	42.8	5.7	83.9	81.2	*	3.2	5.5	10.0
sep	14.5	9.8	19.4	48.2	6.7	73.8	51.4	*	3.3	5.5	9.8
okt	10.5	6.6	14.5	59.6	8.0	73.3	27.5	*	3.8	6.0	10.4
nov	6.4	3.3	9.3	77.3	10.7	79.5	13.1	*	3.9	6.0	10.2
dec	3.5	0.9	6.0	91.3	12.3	91.3	6.3	*	4.4	6.4	10.9
winter	3.3	0.3	6.0	245.1	11.3	234.5	29.3	*	4.5	6.6	11.2
lente	9.0	4.3	14.6	146.5	6.6	167.4	180.1	*	3.9	6.3	11.0
zomer	17.3	11.8	22.6	127.1	5.8	239.5	270.7	*	3.3	5.6	10.3
herfst	10.5	6.6	14.4	184.9	8.5	226.6	90.0	*	3.7	5.8	10.1
jaar	10.1	5.7	14.4	703.6	8.0	868.0	570.1	*	3.8	6.1	10.7

Zuidzuidwestelijke wind met een kracht tussen de 4 en 5 Beaufort voor. De op één na meest voorkomende windrichting met 8% is zuidzuidoost met een kracht tussen de 3 en 4 Beaufort. In *Tabel 3* zijn de langjarige gemiddelden van de klimaatfactoren ook per maand en per seizoen weergegeven. De zomer en winter hebben de maanden met de meeste neerslag, de lente en de zomer zijn de maanden met de meeste verdamping, en de zomer en de herfst zijn gemiddeld de warmste seizoenen.

4.1.2 JAARGEMIDDELDEN 2016-2020

De jaargemiddelden van 2016, 2017, 2018, 2019 en 2020 zijn in *tabel 4* verwerkt (KNMI, n.d.).

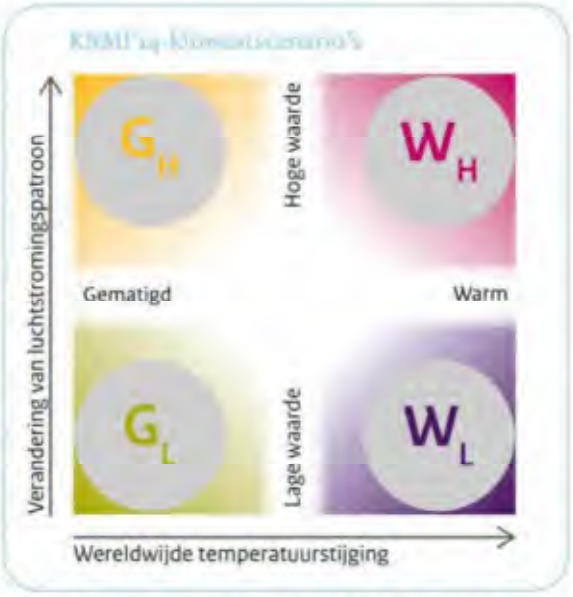
Tabel 4: Jaargemiddelden station Deelen (KNMI, n.d.)

	Neerslag			Verdamping	Gemiddelde temperatuur			Wind meest voorkomend	
	Jaarsom (mm)	Natste maand	Droogste maand	Jaarsom (mm)	Jaarlijks (C°)	Maximum (C°)	Minimum (C°)	Richting	Kracht (Bft)
2016	867,4	Juni	December	583,4	10,3	14,6	5,7	ZW	3-4
2017	916,2	September	April	566,2	10,5	14,7	6,0	ZW	3-4
2018	657,2	December	Juli	676,8	11,2	16,0	6,2	ZZW	3-4
2019	892,8	Oktober	April	629,9	10,9	15,5	6,2	ZW	3-4
2020	794,4	Februari	April	632,4	11,4	16,0	6,4	ZW	3-4

2017 is van de afgelopen 5 jaar het jaar met de meeste neerslag en minste verdamping. 2018 is het jaar met de minste neerslag en meeste verdamping. Dit is ook weergegeven in de grafiek in *bijlage VIII*. De gegevens van de gemiddelde temperatuur zijn verwerkt in een grafiek (zie *bijlage IX*).

4.1.3 TOEKOMST KLIMAAT

In 2014 heeft het KNMI klimaatscenario's opgezet (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, Van den Hurk, & Lenderink, 2015). Deze 4 scenario's zijn afhankelijk van de temperatuursstijging en de verandering in luchtstromingen, zoals weergegeven in *Figuur 5*. Aan de hand van deze scenario's zijn verwachtingen opgesteld voor het klimaat in 2050 en 2085, zie *bijlage X*. Deze gegevens kunnen op het projectgebied worden toegepast voor een algemene voorspelling van klimaatverandering.



Figuur 5 Klimaatscenario's KNMI (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, Van den Hurk, & Lenderink, 2015)

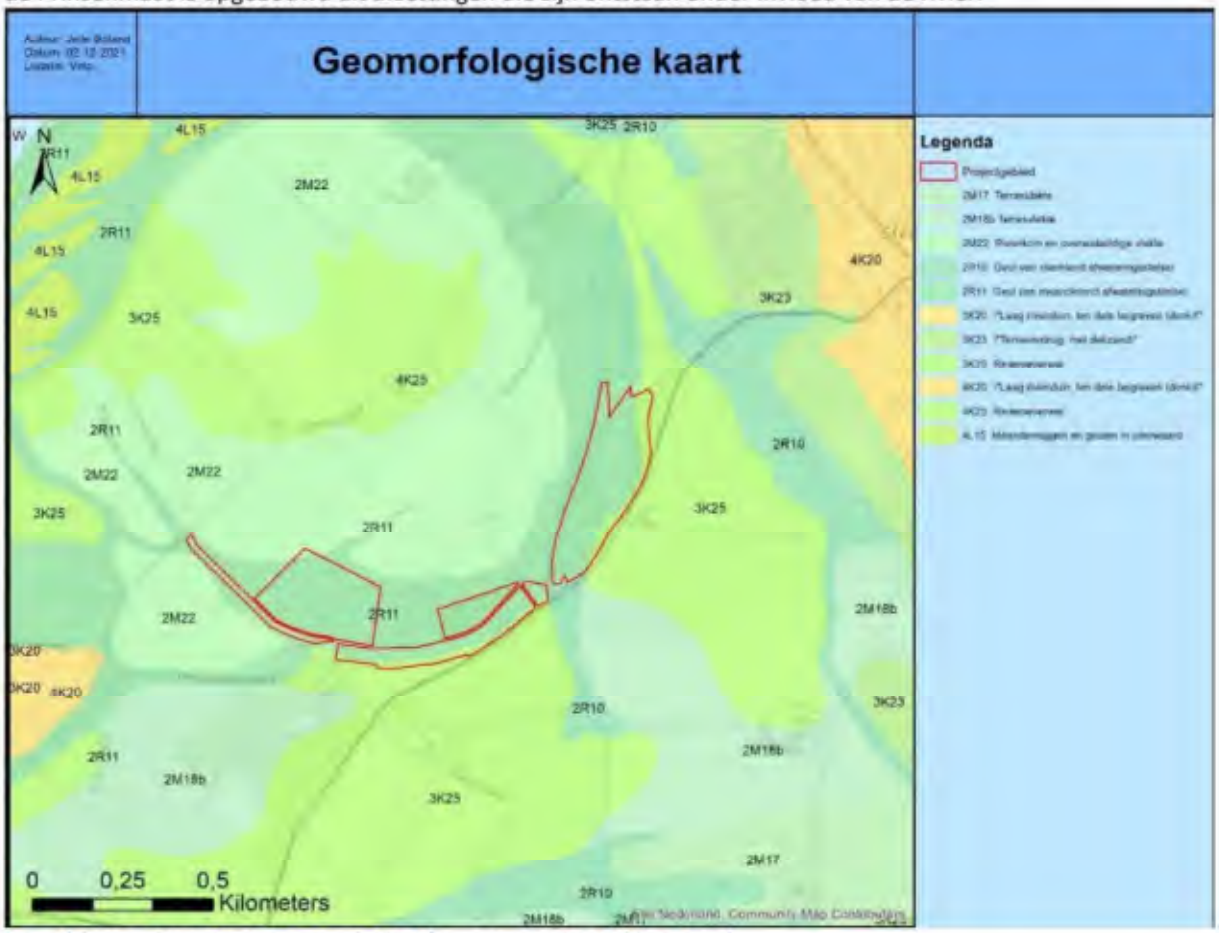
De verwachte gemiddelde hoeveelheid neerslag per jaar (*bijlage XI*) is voor 2050 tussen de 954mm en 979mm en voor 2085 tussen de 971mm en 994mm. De verwachte jaarlijkse verdamping (*bijlage XII*) voor 2050 ligt tussen de 569mm en 591mm en voor 2085 tussen de 567mm en 611mm. Het verwachte gemiddelde neerslagtekort in de zomer (*bijlage XIII*) is voor 2050 tussen de 131mm en 173mm. Voor 2085 wordt er een tekort tussen de 132mm en 213mm verwacht. Voor het gemiddelde neerslagtekort in de zomer die eens in de 10 jaar voorkomt (*bijlage XIV*), wordt voor 2050 een tekort tussen de 215mm en 267mm verwacht. Voor 2085 wordt een tekort tussen de 212mm en 311mm verwacht. De verwachte gemiddelde zomertemperatuur (*bijlage XV*) voor 2050 ligt tussen de 17,9C° en 19,2C° en voor 2085 tussen de 18,1C° en 20,7C°.

De zomers worden warmer en droger, waardoor het neerslagtekort toeneemt. Echter neemt de jaarlijkse neerslag wel toe, maar dit is voornamelijk toe te wijden aan piekbuien buiten droge periodes om. Omdat de bodem niet al het water van een piekbuik tegelijk kan verwerken, zal een groot gedeelte van deze neerslag direct via het oppervlaktewater worden afgevoerd en draagt dit niet bij aan de grondwatervoorraad.

4.1.4 GEOMORFOLOGIE

Rond 3850 voor christus heeft de IJssel door het projectgebied gestroomd hierdoor bestaan de omliggende gronden uit pleistocene zandgronden (zie *bijlage XVI*). Rond 100 na christus loopt de IJssel weer uit richting het projectgebied, maar deze stroomt er niet direct doorheen. De omliggende gronden zijn veranderd in veengronden (zie *bijlage XVII*).

Het projectgebied ligt in een oude rivierarm van de IJssel. Op de geomorfologische kaart (zie *Figuur 6*) is te zien de Prinsenmaat is opgebouwd uit afzettingen die zijn ontstaan onder invloed van de rivier.



Figuur 6 Geomorfologische kaart projectgebied (vergrootte versie zie *Bijlage XVIII*)

Op een enkele locatie in het dotterbloem hooiland komt de landvormeenheid rivierkom en overwalachtige vlakte (2M22) voor. Dit is een periglaciale afzetting met een vlakkend reliëf. Lokaal is het maximaal hoogteverschil kleiner dan een halve meter. Periglaciale landvormen zijn landvormen die zijn ontstaan onder periglaciale omstandigheden in het Pleistoceen. Dit betekent een permanent bevroren ondergrond (permafrost) en een periodiek overvloedige hoeveelheden sneeuwsmeltwater (Maas, van der Meij, & Delft, 2019).

De landvormeenheden Geul van vlechtend afwateringsstelsel (2R10) en Geul van meanderend afwateringsstelsel (2R11) bedekken het overgrote deel van het projectgebied. Beide landvormeenheden betreffen dalen met een vlakland reliëf met lokaal maximaal hoogteverschil van een halve meter. Beide landvormeenheden zijn door glaciale processen in het Pleistoceen ontstaan. Daarnaast speelt tektoniek bij de landvormeenheid Geul van vlechtend afwateringsstelsel (2R10) ook een belangrijke rol. (Maas, van der Meij, & Delft, 2019)

Op de (zuid)oostelijke rand van het projectgebied komt de landvormeenheid rivieroeverwal (3K25) voor. Deze landvormeenheid valt onder de klasse van reliëfarme terreinen met een vrij vlak laaggelegen reliëf met lokale hoogteverschillen binnen de vormeenheid van een halve tot anderhalve meter. Deze landvormeenheid valt onder de vormgroep geïsoleerde lage heuvels en ruggen (ten Cate & Maarleveld , 1977) die ontstaan zijn door periglaciale en eolisch (wind) processen (Maas, van der Meij, & Delft, 2019).

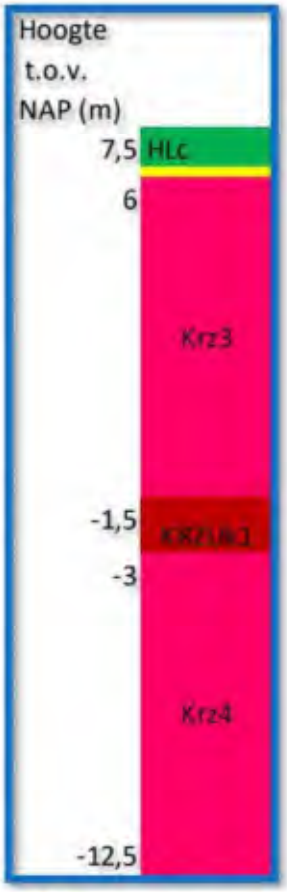
4.1.5 GEOLOGIE

Figuur 7 weergeeft de bodemopbouw die in het projectgebied aanwezig is. De bodemopbouw zoals die in *Figuur 7* is weergegeven, is afkomstig van de dwarsdoorsnede in *bijlage XIX*.

De bovenste laag bestaat uit de holocene complexe eenheid. De laag is tussen de 1 en 2 meter dik en bevindt zich grofweg tussen de 7,5 en 6 meter boven NAP (0 en 1,5 meter beneden maaiveld). Deze laag bestaat uit afwisselend uit een kleiige, zandige en venige samenstelling. Door de structuur van deze laag vindt over het algemeen geen grondwaterstroming plaats. Dit geldt voor zowel de verticale als de horizontale richting (Smit, 2018).

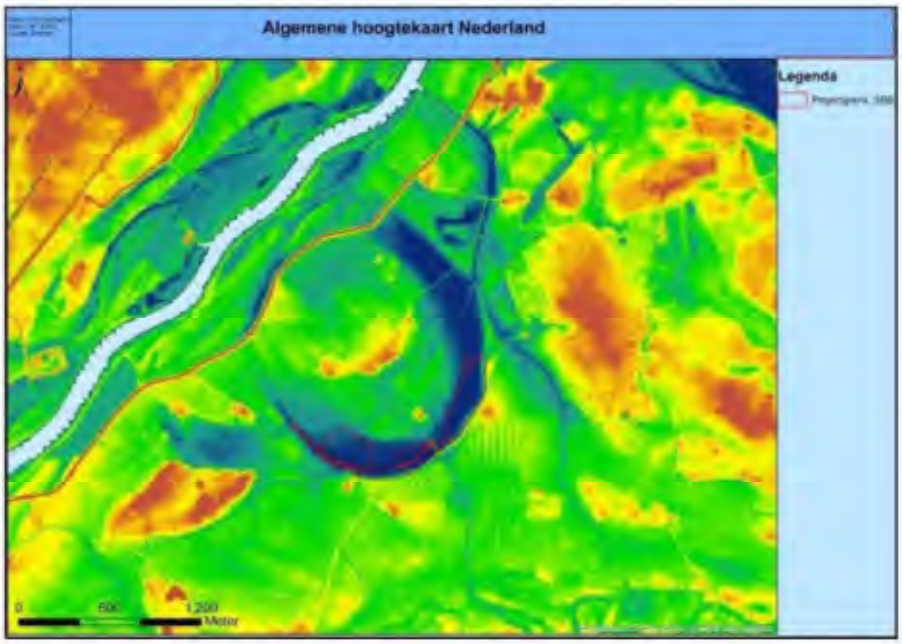
De holocene complexe eenheid wordt op diverse plekken in het projectgebied gevolgd door de formatie van Boxtel, tweede zandige eenheid. De laag is 0 tot een 0,5 meter dik en is gelegen op 5,5 tot 6,5 meter boven NAP (1-2 meter beneden maaiveld). Het is een eolische afzetting afkomstig vanaf het midden Pleistoceen tot aan het Holoceen (TNO-GDN, 2021). Gezien de formatie een zandige eenheid betreft is deze laag horizontaal goed doorlatend.

Vanaf 6 meter boven NAP tot aan 20 meter beneden NAP komt de formatie van Kreftenheye voor. Dit is een fluviatiel afgezette formatie afgezet in het laat/midden Pleistoceen (laat Saalien) tot aan het vroeg Holoceen. Er komen in totaal drie verschillende lagen van de formatie van Kreftenheye voor. Van 6 tot -1,5 meter NAP (1,5 tot 9 meter beneden maaiveld) komt de formatie van Kreftenheye voor als derde zandige eenheid. Deze laag is goed horizontaal doorlatend. (TNO-GDN, 2021) Vanaf 1,5 tot 3 meter beneden NAP (9 tot 11,5 meter beneden maaiveld) komt de formatie van Kreftenheye, Laagpakket van Zutphen, eerste kleiige eenheid (KRZUk1) voor. Dit is een slecht doorlatende laag waarin het grondwater 1 centimeter per dag in verticale richting kan stromen. Onder deze laag is wederom een zandige eenheid van de formatie van Kreftenheye aanwezig (TNO-GDN, 2021). Ditmaal betreft het de vierde zandige eenheid. Deze laag is gelegen vanaf ongeveer 3 meter beneden NAP en loopt in elk geval door tot 12,5 meter beneden NAP (10,5 tot aan 20 meter beneden maaiveld). Ook deze laag is horizontaal goed doorlatend.



Figuur 7 Indicatie bodemopbouw projectgebied. (Organisatie voor Toegepast-natuurwetenschappelijk Onderzoek, zd)

In het projectgebied is aan het reliëf de oude rivierarm terug te zien als een laaggelegen lus (zie *Figuur 8*), voornamelijk in deelgebied 1 en deelgebied 2 waarin de laagste gelegen delen liggen tussen de 6,0m en 5,5m boven NAP. Het projectgebied heeft geen locaties die lager liggen dan 5,5m boven NAP. In de buitenbocht van de rivierarm vormen de rivieroeverwallen de hoogste gedeeltes in het projectgebied rond de 8,0m en 8,5m boven NAP. Deelgebied 3 ligt in de binnenbocht van de oude lus, waar ook een geleidelijk profielverloop is te zien.



Figuur 8 Algemene hoogtekaart projectgebied en omgeving (vergrootte versie zie *Bijlage XX*)

De laagste gebieden in het grote zeggemoeras (zie *Bijlage XXII*) liggen onder 6,0m boven NAP en boven de 5,5m boven NAP. Een gedeelte hiervan is de oude loop van de Grote beek, het grootste gedeelte hiervan ligt in het midden van het moeras. Naar de Grote beek toe, in westelijke richting, loopt het profiel op tot net boven de 6,5m boven NAP. Richting het oosten loopt het gebied op naar de rivieroeverwal tot 8,5m boven NAP ter hoogte van de weg.

In het deelgebied 2 (zie *bijlage XXI*) ligt het laagste gedeelte in het noorden van het gebied richting de Olburgse laak. Hier ligt het NAP onder 6,0m boven NAP en boven de 5,5m boven NAP. Richting de weg ten zuiden loopt het profiel sterk op in de rivieroeverwal richtring de 8,0m boven NAP. Het elzenbroekbos ten noorden van dit gebied ligt tussen de 6,0m en 6,5m boven NAP.
In het westen van deelgebied 3 (zie *bijlage XXI*) ligt het hoogste punt in de noordwestelijke hoek tussen de 7,0m en 7,5m boven NAP. Het profiel loopt richting het zuidoosten af. Het laagste punt in dit gebied ligt in het zuidoosten tussen de 5,5m en 6,0m boven NAP.

4.2 HYDROLOGIE

4.2.1 OPPERVLAKTEWATER

In *Figuur 9* is een kaart met daarop het oppervlaktewater weergegeven. In het projectgebied zijn verschillende hydrologische aspecten aanwezig. Op deze kaart is te zien dat er voornamelijk in het zuidwesten in het dotterbloemhooiland verschillende sloten aanwezig zijn, die onder het beheer van Staatsbosbeheer vallen. Verder loopt langs het Grote zeggemoeras de Grote beek. Tussen het Grote zeggemoeras en het dotterbloemhooiland loopt een deel van de Olburgse Laak. Vanaf de plek ten zuiden van het dotterbloemhooiland waar de Olburgse Laak afbuigt loopt in oostelijke richting de Afwatering van Rha. Deze drie laatstgenoemden zijn eigendom van Waterschap Rijn en IJssel. Hiernaast zijn er in het projectgebied verschillende laagten en greppels aanwezig, waar het water boven het maaiveld uittreedt.

Figuur 9 oppervlaktewaterkaart (Vergrootte versie zie *Bijlage XXIII*)

In de Olburgse Laak heeft vanaf 3 april 2018 een peilopzet plaatsgevonden voor het bovenstroomse gedeelte. In *Tabel 5* zijn de klepstanden van de stuw aan de J.F. Oltmanstraat weergegeven.

Tabel 5 Klepstanden stuw JF Oltmanstraat (Waterschap Rijn en IJssel, 2021)

Datum	Klepstand (m +NAP)
3-4-2018	5,92
14-10-2019	5,72
10-3-2020	6,12
2-2-2021	5,92
23-2-2021	5,72
11-3-2021	6,02
11-5-2021	5,92
22-6-2021	5,82

4.2.2 GRONDWATER

In de Prinsenmaat zijn twee peilbuizen (*Figuur 10*) aanwezig die behoren tot het grondwaterstandsmonitoringsnetwerk welke beheerd wordt door Vitens. De filterstellingen van deze peilbuizen zijn weergegeven in *Tabel 6*.

In *bijlage XXIV* en *bijlage XXV* zijn de meetreeksen weergegeven van de grondwaterstanden. Hierop is duidelijk een fluctuatie te zien tussen de verschillende zomers en winters. In 2020 zijn er in peilbuis B33G1998 bijna geen metingen uitgevoerd waardoor er een rechte streep ontstaat in de grafiek. De waarde zal vanaf de laatste waarde overspringen naar de eerstvolgende waarde.

Tabel 6: Filterstellingen (Vitens Lizard, z.d.)

Peilbuisnummer	Filternummer	Bovenkant filter (m NAP)	Onderkant filter (m NAP)
B33G1198	33G11980001	6,09	5,09
B33G1198	33G11980002	3,49	2,49
B33G1199	33G11990001	5,24	4,24
B33G1199	33G11990002	3,24	2,24

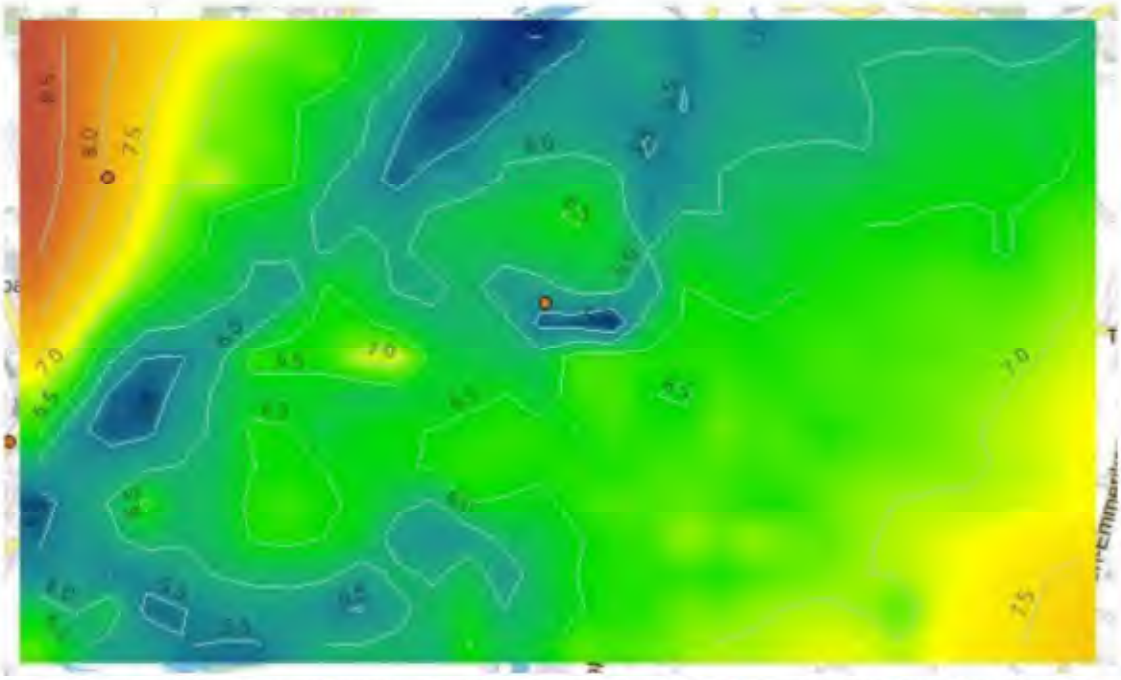
In *bijlage XXVI* en *bijlage XXVII* zijn de overschrijdingsduurlijnen zijn op de x-as het aantal dagen per jaar weergeven. Deze as geeft het aantal dagen weer dat een bepaalde stijghoogte, die is weergegeven op de y-as, overschreden wordt. Deze grafieken zijn gemaakt van de gegevens die komen uit *bijlage XXIV* en *bijlage XXV* (stijghoogtegrafieken).

Figuur 10: Grondwatermonitoringspeilbuizen met een globale ligging van de Prinsenmaat (Vitens Lizard,

Bij de peilbuis B33G1198 (*bijlage XXIV*) in het Deelgebied 2 zijn er in de periode van 2016 tot en met 2019 verschillende patronen te zien in de overschrijdingsduurlijnen. In 2016 is er sprake te zijn van een kwelgebied, in 2018 is er sprake te zijn van een kwelgebied met gedraineerde kenmerken. In 2017 en 2019 is er daarentegen juist sprake te zijn van een randzone van een wegzijgingsgebied.

In peilbuis B33G1199 (*bijlage XXV*) in Deelgebied 1 zijn er eveneens verschillende patronen terug te vinden in de periode van 2016 tot en met 2020. In 2016, 2017 en 2019 blijkt er sprake te zijn van een kwelgebied, terwijl 2018 en 2020 sprake is van een kwelgebied met gedraineerde kenmerken.

In onderstaande kaart (*Figuur 11*) is te zien hoe de stijghoogten in en rondom het projectgebied zijn. *Figuur 11* geeft de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket weer op 1 juli 2019. Hierop is te zien dat de stijghoogte van het grondwater in het projectgebied varieert tussen de 5,5 en 6 meter boven NAP. Het omliggende gebied heeft eens stijghoogte tussen de 6,5 en 7 meter boven NAP. Dit betekent dat er een grondwaterstroming in de richting van het projectgebied zal zijn. In delen van het gebied komt het grondwater ook aan het maaiveld.



Figuur 11: Isohypsenkaart omgeving prinsenmaat, Watervoerend pakket 1: 1 juli 2019 (Geologische Dienst Nederland, z.d.)

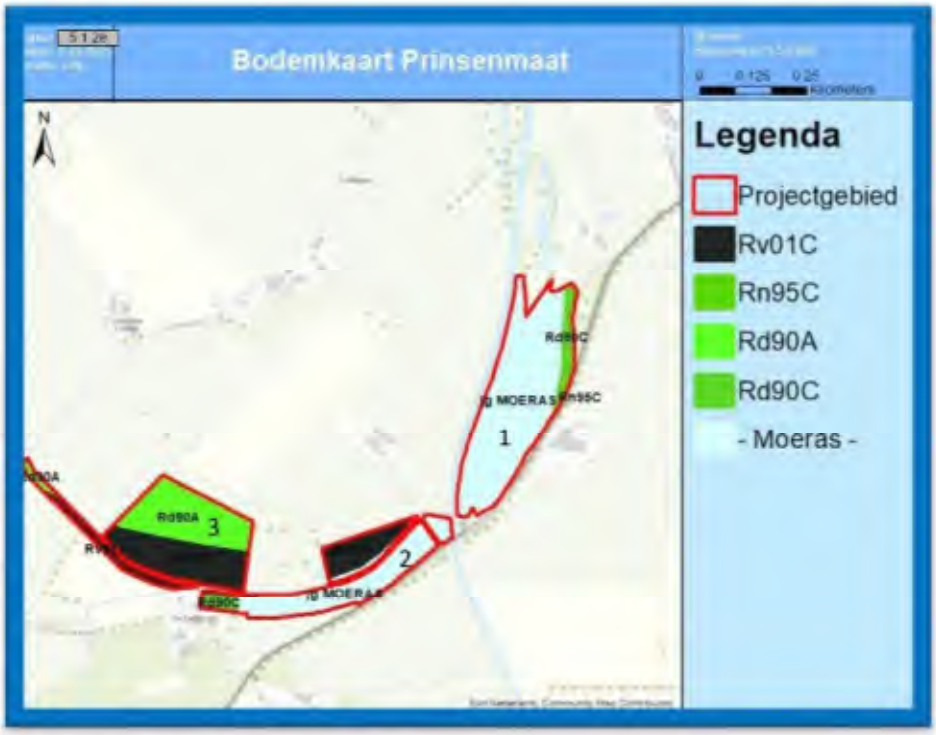
In *bijlage XXVIII* en *bijlage XXIX* zijn de gemiddeld laagste en hoogste grondwaterstand te zien berekend in het Amigo grondwatermodel van Waterschap Rijn en IJssel over de periode 2009 tot en met 2016. Op de kaart van de GLG is goed te zien dat in het Deelgebied 2 het zuidelijke deel natter is, dan het noordelijke deel. Voor het Deelgebied 1 geldt het midden van het gebied het natste is, waarna het naar de randen toe droger wordt. Opvallend is dat bij de GHG te zien is dat de hoogste grondwaterstand voor vrijwel het gehele gebied boven maaiveld uitkomt. Echter is er in het noordwesten een gedeelte waar het onder nog onder maaiveld blijft en bij het Deelgebied 1 geldt dat het aan de randen ook onder maaiveld blijft.

4.3 BODEM EN LANDGEBRUIK

In *bijlage XXX* is de bodem in de omgeving van het projectgebied weergegeven. Naast bodemtypen zijn ook moeras, water en bebouwde gebieden op de kaart weergegeven. Het water dat in *bijlage XXX* staat aangegeven betreft de IJssel.

Het projectgebied is ten oosten van de IJssel gelegen. In en rondom het projectgebied zijn verschillende typen poldervaaggronden en ooivaaggronden aanwezig. In het meest oostelijke gedeelte dat in *bijlage XXX* staat weergegeven komen naast vaaggronden ook eerdgronden voor.

In *Figuur 12* is de focus gelegd op de aanwezige bodemtypen in het projectgebied. Op deze kaart is te zien dat een groot gedeelte van het projectgebied bestaat uit moeras. Naast het moeras komen nog enkele typen vaagronden voor. In het noorden van het projectgebied is een strook van een tweetal vaagronden aanwezig (Rd90C en Rn95A). De code Rd90C geeft een ooivaagggrond aan. Ooivaaggronden behoren tot de xerovaaggronden waarin geen hydromorfe kenmerken aanwezig zijn. In het zuidelijke gedeelte van deze strook is een poldervaaggrond aanwezig. Poldervaaggronden behoren tot de hydrokleivaaggronden waarin periodieke hoger grondwaterstanden kunnen voorkomen.



Figuur 12 Bodemkaart projectgebied

Op de locaties waar de Rd90C grond voorkomt is grondwatertrap VII aanwezig. Dit betekent dat de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) meer dan 80 centimeter beneden maaiveld is gelegen en dat de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) meer dan 120 centimeter beneden maaiveld is gelegen. Op locaties waar de poldervaaggrond (Rn95C) voorkomt is grondwatertrap VII aanwezig. Dit betekent dat de GHG meer dan 80 centimeter beneden maaiveld ligt en de GLG meer dan 120 centimeter.
Naast de ooivaaggrond en de poldervaagrond is ook een drechtvaaggrond (Rv01C) in het projectgebied aanwezig. Dit zijn gronden die behoren tot hydrokleivaaggronden. Dit zijn gronden waarin periodiek hoge grondwaterstanden voor kunnen komen. Dit is ook wel af te leiden aan de aanwezige grondwatertrap op de plekken waar deze grond aanwezig is. Waar drechtvaaggronden voorkomen is namelijk grondwatertrap II

aanwezig. Dit betekent dat de GHG lager ligt dan 40 centimeter beneden maaiveld en de GLG tussen de 50 en de 80 centimeter beneden maaiveld ligt.
In het zuiden van het projectgebied is ook een andere ooivaaggrond aanwezig met de code Rd90A. Deze grond komt in het zuiden van het projectgebied voor. Grondwatertrap VI (GHG: 40-80 cm -mv en GLG >120 cm-mv) komt voor op plekken waar deze grondsoort in het projectgebied voorkomt.

In *bijlage XXXI* is de zandbanenkaart weergegeven. Aan de hand van boringen tot 10m diep zijn voor het rivierengebied en het IJsseldal de zandbanen en hun diepte onder de slecht doorlatende kleilaag in kaart gebracht. Ze kunnen een beeld geven van horizontale grondwaterstroming in het gebied. Ook kunnen ze een indicatie geven of zandlagen in verbinding staan met elkaar of met een oppervlaktewater. In het projectgebied lijkt een pleistocene zandlaag beginnend 3 tot 4 meter beneden maaiveld in verbinding te staan met de IJssel.

Bijlage XXXII geeft het recent landgebruik aan in het projectgebied. Het noordelijke gedeelte van het projectgebied bestaat voornamelijk uit overige moerasvegetatie en loofbos. Het zuidelijke gedeelte van het projectgebied bestaat voornamelijk uit natuurgraslanden en loofbos. Naast deze landgebruik typen is ook naaldbos, zoetwater en agrarisch gras in het projectgebied aanwezig. Het landgebruik type zoetwater is in het noorden van het projectgebied gelegen. Het gedeelte zoetwater wat in het projectgebied is gelegen betreft een gedeelte van de Grote Beek. Daarnaast is in het midden van het projectgebied een stuk naaldbos aanwezig. En ten westen van het projectgebied is een strook agrarisch gras in het projectgebied aanwezig.
In *bijlage XXXIII* staat een landgebruik typen kaart van omgeving rondom het projectgebied weergegeven. Rondom het projectgebied is voornamelijk agrarisch gras aanwezig. Naast agrarisch gras zijn ook landgebruik typen als mais, rietvegetatie, bebouwing, gras in primair bebouwd gebied, granen, boomgaarden, overige gewassen en fruitkwekerijen rondom het projectgebied aanwezig.

4.4 HISTORISCH LANDGEBRUIK

Op de kadastrale kaart van Steenderen, opgemaakt tussen 1810 en 1832 (Knaap) (zie *bijlage XXXIV*), is te zien dat perceel 222-226, 228 en 230-232 in het huidige gebied voorkomen. Bij de kaart behorende aanwijzende tafel (kadaster, 1811-1832) worden alle percelen aangemerkt als weiland, waarin perceel 222 en 223 aangemerkt worden als slecht weiland. De aanduiding slecht weiland komt waarschijnlijk omdat deze percelen direct aan de Grote beek grenzen en te nat zijn. Hierdoor zijn de percelen niet ideaal voor agrarische doeleinden. De Grote beek, met een natuurlijk verloop, loopt door Deelgebied 1 en stroomt direct buiten het projectgebied uit in de Vreekolk.

Op de eerste algemene gedetailleerde kaart van geheel Nederland van 1850, de Topografische militaire kaart (Kadaster, z.d.) (zie *bijlage XXXV*) lijken de percelen nagenoeg gelijk. De enige wijziging is dat de Grote beek op het punt van Deelgebied 1 is gekanaliseerd.

Rond 1900 wordt Nederland opnieuw gekarteerd en samengesteld tot de Chromotopografische Kaart des Rijks (Kadaster, z.d.) (*bijlage XXXVI*), ook wel bonnekaart genoemd. Op deze kaart is te zien dat er een weg is aangelegd parallel aan de Grote beek en ook is hier een sloot te zien die voor afwatering zorgt voor de gronden ten westen. Langs de Grote beek zijn moeras en drassige plekken aangegeven.

Op de topografische kaart van 1958 (Kadaster, z.d.) (*bijlage XXXVII*) is te zien dat de Vreekolk gedeeltelijk is gedempt, dat er rietgroei plaatsvindt en dat het drassige gebied is uitgebreid naar het westen. Hiertussen is het eerste stuk bos opgekomen of aangeplant.

In 1985-1986 komt het gebied in handen van Staatsbosbeheer (Archief Staatsbosbeheer regio Gelderland, 1985-1986).

Op de kaart van 1997 (Kadaster, z.d.) (*bijlage XXXVIII*) is te zien dat er sinds 1958 veranderdingen hebben plaatsgevonden aan het omliggende wegennet en dat op een groot stuk van het projectgebied bos is aangeplant. De Grote beek is omgelegd en stroomt niet meer door Deelgebied 1. In het westelijke gedeelte van het projectgebied is er ook een toename te zien in afwatering via oppervlaktewater.

4.5 VEGETATIE

Binnen het projectgebied Prinsenmaat zijn twee vegetatiekarteringen uitgevoerd als onderdeel van de gehele kartering van het object Bronkhorst. De eerste kartering heeft plaatsgevonden in 1996. De tweede kartering vond plaats in 2011.

4.5.1 VEGETATIEOPNAME 1996

In 1996 is een vegetatiekartering uitgevoerd door Bureau Bakker in opdracht van Staatsbosbeheer (Bakker, Klasberg, & Ozinga, 1997). Hierbij is er onder andere gekarteerd in de Vreekolk, oftewel de Prinsenmaat. De ruimtelijke verspreiding van de lokale vegetatietypen is als volgt; In het noorden van het projectgebied bevindt zich het type X3-5 ruigte van brandnetel, akkerdistel en riet. Ten zuiden van dit type bevindt zich een populierenaanplant. Naast de populierenaanplant bevindt zich het type M2 scherpe zegge. Daarnaast is er een klein deel van het perceel gekarteerd als dotterbloemhooiland met scherpe zegge. Ten zuiden van de populierenaanplant bevindt zich nog een klein oppervlakte aan elzenbroekbos. Dit elzenbroekbos gaat vervolgens over in een ruigte van moerasspirea, harig wilgenroosje en gevleugeld helmkruid. Het grasland in het westen van het gebied bestaat hoofdzakelijk uit het type van Engels raaigras en gestreepte witbol met een vorm van molinietaliasoorten.

Toelichting standplaatscondities van de lokale vegetatietypen

M2 Scherpe Zegge

Dit type is onderdeel van de lokale klasse rietgrasvegetaties en grote zegge moerassen (Phragmitetalia en Caricion gracilis). Dit type komt voor op plaatsen met hoge grondwaterstanden en periodieke inundatie. De omstandigheden moeten basenrijk en minder eutroof zijn binnen het overstromingsbereik van het oppervlaktewater. Ruigten met rietgras zijn een indicatie voor wisselende grondwaterstanden en een hoge voedselrijkdom. Bovendien duidt het voorkomen van deze ruigten op het plaatsvinden van menselijke beïnvloeding.

X7 Ruigte van harig wilgenroosje

De ruigte van harig wilgenroosje is een storingsgemeenschap dat zich bevindt op voedselrijke tot enigszins brakke standplaatsen. Deze gemeenschap is o.a. te vinden langs grote rivieren. Daarnaast bevindt zich binnen het type de soort gevleugeld helmkruid. Gevleugeld helmkruid duidt op kalkrijke omstandigheden.

Dotterbloemhooiland met scherpe zegge

Naast het type scherpe zegge is in het noordelijk gelegen perceel ook het type dotterbloemhooiland met scherpe zegge gekarteerd. Dit graslandtype komt voor op matig voedselrijke gronden met een vochtige situatie en basische omstandigheden.

Engels raaigras met een vorm van molinietaliasoorten

Dit type omvat een minimale abundantie van gestreepte witbol. Daarnaast zijn er molinietaliasoorten aanwezig. In het onderzoeksgebied betreft dit voornamelijk lidrus. Dit type grasland duikt op in overgangen van bemest naar onbemest grasland. Het voorkomen van soorten als lidrus en scherpe zegge duidt op een iets verdere verschraling en de invloed van grondwater.

4.5.2 VEGETATIEOPNAME 2011

In 2011 is eveneens een vegetatie- en soortenkartering uitgevoerd in opdracht van Staatsbosbeheer (zie *bijlage XXXIX* en *bijlage XL*). Ook in 2011 is er gebruik gemaakt van een lokale vegetatietypologie (Ingberg, Japink, & Leusink, 2012). De gehanteerde typologie van bureau Waardenburg lijkt sterk op de typologie uit 1996. Dit betekent dat beide jaren goed met elkaar vergeleken kunnen worden.

In het oosten van het gebied bevindt zich het grote zeggemoeras. Dit zeggemoeras wordt door bureau Waardeburg gekwalificeerd als het type grote zeggemoeras met scherpe zegge. De vorm die hierbij hoort, het niveau onder het type, is een typische vorm. Dat wil zeggen dat er sprake is van enkele begeleidende soorten die zijn aangetroffen zoals veenwortel, gele waterkers en moeraskruiskruid. Deze soorten zijn aangetroffen in het object Bronkhorst waarvan de Prinsenmaat onderdeel van is, maar hetzij niet in de combinatie met scherpe

zegge. In het kader van deze kartering werden vegetaties met een hoge dominantie aan scherpe zegge gerekend tot deze vorm. Deze hoge dominantie werd ook aangetroffen in de Prinsenmaat.
Het grote zeggenmoeras wordt omgeven door bossen behorend tot het lokale type 43-2 voedselrijke bossen met grote brandnetel. Deze bossen zijn over het algemeen soortenarm met gewone es als dominante boomsoort in het projectgebied. Het voorkomen van dit bostype duidt op stikstofrijke standplaatscondities en beïnvloedingen van de mens.

Ten zuiden van deze voedselrijke bossen is elzenbroekbos gekarteerd. Op de kaart is te zien dat in 2011 een groter oppervlakte aan elzenbroekbos gekarteerd is dan in 1996. Het elzenbroek is gekarteerd als een variant met een dominante groei van grote brandnetel.

In het westen van het gebied ligt het dotterbloemhooiland. Binnen het dotterbloemhooiland wordt het type van echte koekoeksbloem onderscheiden. Binnen dit type komt tevens de vorm met gewone ratelaar voor. Dit type komt voor in natte, matig voedselrijke hooilanden met een basisch tot licht zuur milieu. Het type wordt vaak gerefereerd aan kwelgebieden. Tevens zijn in 2011 in dit grasland de enige twee rode lijst-soorten gekarteerd, namelijk moeraskartelblad en kamgras. Daarnaast is in het grasland het type van gestreepte witbol en het type van glanshaver, kropaar en fluitenkruid te vinden.

4.5.3 INTERPRETATIE

Na de verkregen informatie die is verzameld in het kader van fase 1a (zie *figuur 3*) worden de gegevens geïnterpreteerd. Dit wordt gedaan aan de hand van tabellen waarin is gezet welke (lokale) vegetatietypen er zijn aangetroffen en in welk jaar de typen zijn gekarteerd. Aan de hand van deze informatie kan enigszins de verandering in standplaatsfactoren en daarmee de abiotische ontwikkeling worden afgeleid.

Per gebiedsdeel van de Prinsenmaat wordt geïnterpreteerd wat deze verandering in standplaatsfactoren inhoudt.

Dotterbloemhooiland deelgebied 2 en 3

Het huidige dotterbloemhooiland ligt in het uiterste westen van het projectgebied (zie *Figuur 1* grenzen projectgebied). Het perceel is dus zowel in 1996 als in 2011 gekarteerd. In 1996 zijn er de lokale typen Engels raaigras met molinietaliasoorten te vinden en dotterbloemhooiland met scherpe zegge. In 2011 worden er meer lokale typen gekarteerd zoals het type van echte koekoeksbloem en het type van glanshaver, kropaar en fluitenkruid (zie *Tabel 7*).

Tabel 7 Lokale vegetatietypen gebiedsdeel 1

1996	2011
Engels raaigras met molinietalia soorten	16B3 Type van echte koekoeksbloem; vorm met gewone ratelaar
Dotterbloemhooiland met scherpe zegge	16B1 Type van echte koekoeksbloem
	16B1-1 zeggerijk dotterbloemhooiland
	16-6 Type van gestreepte witbol
	16C-5 Type van glanshaver, kropaar en fluitenkruid

Het type Engels raaigras met gestreepte witbol met de vorm van molinietalia soorten bestaat dus uit een minimale abundantie van gestreepte witbol en de aanwezigheid van soorten als lidrus, wilde bertram, poelruit, moerasspirea en ruwe smele. Daarnaast zijn er soorten van het dotterbloemhooiland aanwezig zoals moerasrolklaver, gewone dotterbloemen, moeras-vergeet-mij-nietje en scherpe zegge. Ook moeraszegge en tweerijige zegge kunnen voorkomen in dit type. Het voorkomen van deze soorten in combinatie met het voorkomen van Engels raaigras en gestreepte witbol duidt op een overgangstype naar een schraler graslandtype.

In 2011 is er, naast het type zeggerijk dotterbloemhooiland en het type van glanshaver, kropaar en fluitenkruid, het type van de echte koekoeksbloem gekarteerd. Dit betekent dat er ook soorten kunnen worden waargenomen als moerasrolklaver, ruwwalstro en tweerijige zegge. Wat dit precies betekent met betrekking tot de standplaatsfactoren is dat het voedselarmer is geworden.

Dit type verlangt nog steeds een matig voedselrijk milieu maar vergeleken met het type van Engels raaigras en gestreepte witbol duidt dit type op voedselarmere omstandigheden.

Grote zeggemoeras

In deelgebied 1 bevindt zich het groot zeggenmoeras. Het belangrijkste verschil tussen beide karteerjaren is de aanwezigheid van dotterbloemhooiland met scherpe zegge. Volgens de karteerders van Bureau Waardenburg is dit deels een definitiekwestie aangezien de aanwezigheid van gewone dotterbloemen ertoe leidde dat het moeras werd gekarteerd als dotterbloemhooiland met scherpe zegge. In ieder geval is er sprake van een afname van gewone dotterbloemen ten koste van scherpe zegge. Scherpe zegge is zich dus aan het uitbreiden. Hiermee kan wellicht geconcludeerd worden dat door de toename van scherpe zegge tussen 1996 en 2011 het natter in dit terreindeel van het projectgebied is geworden. Moerasplanten, zoals scherpe zegge, bevatten luchtkanalen in de stengels om zuurstof naar de wortels te transporteren (Van Loon, zd). Door deze fysiologische aanpassing kunnen ze extreme vochtige omstandigheden overleven.

Tabel 8 Lokale vegetatietypen deelgebied 3

1996	2011
Scherpe zegge	Groot zeggenmoeras met scherpe zegge; Typische vorm
Dotterbloemhooiland met scherpe zegge	

Vochtig productiebos

In het projectgebied zijn er enkele percelen te vinden met jong bosaanplant uit de jaren tachtig. De opstand bestaan voornamelijk uit populieren. Daarnaast is er sprake van fragmentair elzenbroekbos (zie *Tabel 9*).

Tabel 9 Lokale bostypen

1996	2011
Elzenbroek	Grazig voedselrijkbos; Vorm met gestreepte witbol
Bossen van het Alno-padion	Fragmentair elzenbroekbos; grazige vorm met ruw beemdgras
Populierenaanplant	Voedselrijkbos met brandnetel; Typische vorm
	Fragmentair elzenbroekbos, vorm met brandnetel dominant
	Grazig voedselrijkbos; Vorm met gestreepte witbol en ruw beemdgras
	Overig voedselrijkbos; vorm met haagbeuk

In 2011 zijn er meer bostypen gekarteerd dan in 1996. Zo zijn in 2011 verschillende vormen van het elzenbroekbos gekarteerd. Daarnaast zijn er verschillende types aan voedselrijkbos gekarteerd.

4.6 ABIOTISCHE RANDVOORWAARDEN VEGETATIE

Om tot een maatregelenpakket te komen ten behoeve van de optimalisatie van het hydrologisch systeem, dient er een referentie te zijn van de abiotische parameters van het dotterbloemhooiland en het grote zeggenmoeras. In deze paragraaf wordt er een overzicht gegeven van de hydrologische en abiotische randvoorwaarden die van belang zijn voor de relevante plantengemeenschappen (Zie *Tabel 10* en *Tabel 11*).

Tabel 10 Randvoorwaarden typische subassociatie van associatie van scherpe zegge

Randvoorwaarden plantengemeenschap 08Bc202a	Spreiding	Optimum	Klasse
Ellenberg_voedselrijkdom	4,9-6,6	5,5-6,2	Matig voedselrijke bodems en voedselrijke bodems
Ellenberg_zuurgraad	5,9-7,1	6,5-6,9	Matig zure tot zwak zure bodems
Ellenberg_vocht	7,6-9,5	8,2-9	Vochtige tot natte bodems
Wamelink pH in de bodem	5,8 - 6,3	5,93 – 6, 11	
Wamelink_GLG	22 tot 59 cm-mv	30-45 cm-mv	
Wamelink_GVG	3 tot 30 cm-mv	7-19cm-mv	
Wamelink_GHG	-19 tot 2 cm-mv	-14 tot -3 cm-mv	
Waternood_GLG	30 tot 60 cm-mv		
Waternood_GVG	-40 tot -20 cm-mv		
Waternood_zuurgraad	>5	>5,5	Basisch-zwakzuur
Waternood_voedselrijkdom	>3	>3	Matig voedselrijk-zeer voedselrijk
Waternood_vocht	Nat-ondiep permanent	Zeer nat-ondiep droogvallend	

De abiotische en hydrologische randvoorwaarden behoren tot de plantengemeenschap 08Bc02a associatie van scherpe zegge; Typische subassociatie. Er is gekozen om gebruik te maken van de oude indeling van de vegetatie van Nederland aangezien het programma Waternood ook gebruik maakt van deze indeling. Hierdoor kunnen de referentiewaarden van Wamelink enigszins vergeleken worden met de referentiewaarden van Waternood.

Tabel 11 Randvoorwaarden associatie van boterbloemen en waterkruiskruid

Randvoorwaarden plantengemeenschap 16AB04	Spreiding	Optimum	Klasses
Ellenberg_voedselrijkdom	3,5-5,7	4,4-5,1	Voedselarme tot matig voedselrijke bodems
Ellenberg_zuurgraad	4,4-6,4	5,1-5,9	Zure tot zwak zure bodems Matig zure bodems Matig zure tot zwak zure bodems
Ellenberg_vocht	7,2-8,3	7,5-8,0	Vochtige bodems Vochtige tot natte bodems
Wamelink pH in de bodem	5,6 – 6,15	5,79 – 6,04	
Wamelink_GLG	39 tot 65 cm-mv	46 tot 57 cm-mv	
Wamelink_GVG	10 tot 28 cm-mv	15 tot 23 cm-mv	
Wamelink_GHG	-8 tot 12 cm-mv	-2 tot 6 cm-mv	
Waternood_GLG	40 tot 60 cm-mv		
Waternood_GVG	25 tot 40 cm-mv		
Waternood_zuurgraad	5,0-7,0	5,0-6,5	-Matig zuur tot neutraal
Waternood_voedselrijkdom	6<	3-6	Matig voedselrijk tot licht voedselrijk
Waternood_vocht	Zeer nat-nat	Nat	

Wat betreft de relatie van het toegepaste plantengemeenschap met de lokale typen zijn er een paar vertaalopties noodzakelijk. Volgens bureau Waardenburg zijn de lokale typen rechtstreekst te vertalen naar vegetatietypen uit de SBB-catalogus. In dit geval betekent dat het lokale type, het grote zeggemoeras met scherpe zegge; Typische vorm, rechtstreeks te vertalen is naar het SBB-type 08C2c associatie van scherpe zegge, soortenarme subassociatie. Het is vervolgens mogelijk om het SBB-type te vertalen naar de vegetatie van Nederland volgens de oude indeling. Het vegetatietype wat het meest correspondeert met het SBB-catalogus is dus de associatie van scherpe zegge; Typische subassociatie. Deze plantengemeenschap is vervolgens gebruikt voor de referentiewaarden van het grote zeggemoeras. Dezelfde systematiek is ook toegepast bij de referentiewaarden van het dotterbloemhooiland.

Aan de klasse in Waternood kan een concrete waarde aan worden toegekend. De klasses in Waternood corresponderen met de klasses in het document leeswijzer Natura-2000 profielen. Zo is het mogelijk om aan de klasses van de zuurgraad en voedselrijkdom concrete pH-waarden en trofiegetallen toe te kennen (Ministerie van LNV, 2014).

5 RESULTATEN VELDWERK

In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven die zijn verkregen tijdens de twee veldwerkdagen op 15 en 16 november 2021. In *paragraaf 5.1* worden resultaten de watermonsters beschreven en in *paragraaf 5.2* de resultaten van de grondboringen.

5.1 ONDERZOEK GROND- EN OPPERVLAKTEWATER

De watermonsters van het oppervlaktewater en peilbuizen staan in *Figuur 13* aangegeven. In *Figuur 13* is voor elke peilbuis een cijfer toegekend. In *Bijlage XLII* staat informatie over de watermonsters weergegeven.

Figuur 13 Watermonsterpunten veldwerk (Vergrootte versie zie *Bijlage XLI*)

5.1.1 RESULTATEN GENOMEN WATERMONSTERS

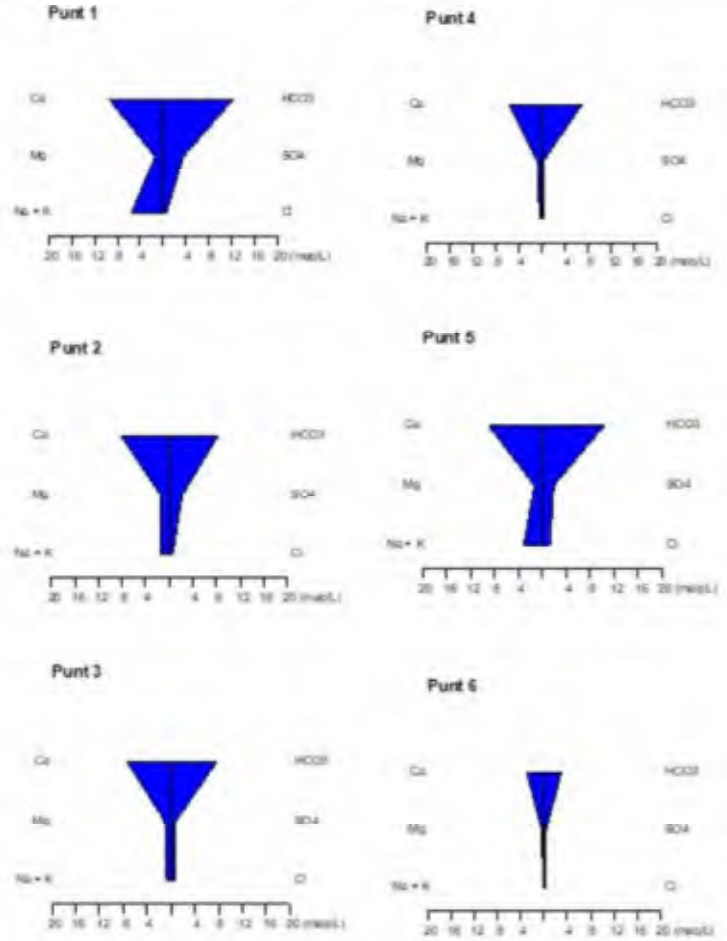
In deze paragraaf worden de resultaten van de watermonsters beschreven. *Tabel 12* weergeeft de fysisch-chemische resultaten van de watermonsters. De gegevens in deze tabel betreffen de achterliggende gegevens voor de grafieken in *Figuur 14*, *Figuur 15* en *bijlage XLIV*. De getallen met een "*" betreffen geïnterpreteerde waarden. De methode van deze berekening staat in *hoofdstuk 3* beschreven.

Tabel 12 Fysisch- chemische gegevens van de watermonsters

Watermonster punt	pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO_3 (mg/l)	SO_4 (mg/l)	EGV (mS/m)
1	6,01	189,2	17	*126,6	0,18	20,02	750,3	169,03	105,1
2	5,58	161,4	16,8	*36,36	0,48	22,41	*500	107,43	93,2
3	5,95	146,8	12	*15,257	1,53	19,93	469,7	37,55	79,6
4	6,11	116,8	9,4	*11,039	3,62	8,18	420,9	3,19	60,7
5	5,97	179,2	16	*71,12	0,98	44,14	628,3	89,68	94,4
6	5,73	59,6	4,8	*3,16	1,69	11,03	176,9	16,89	34,1

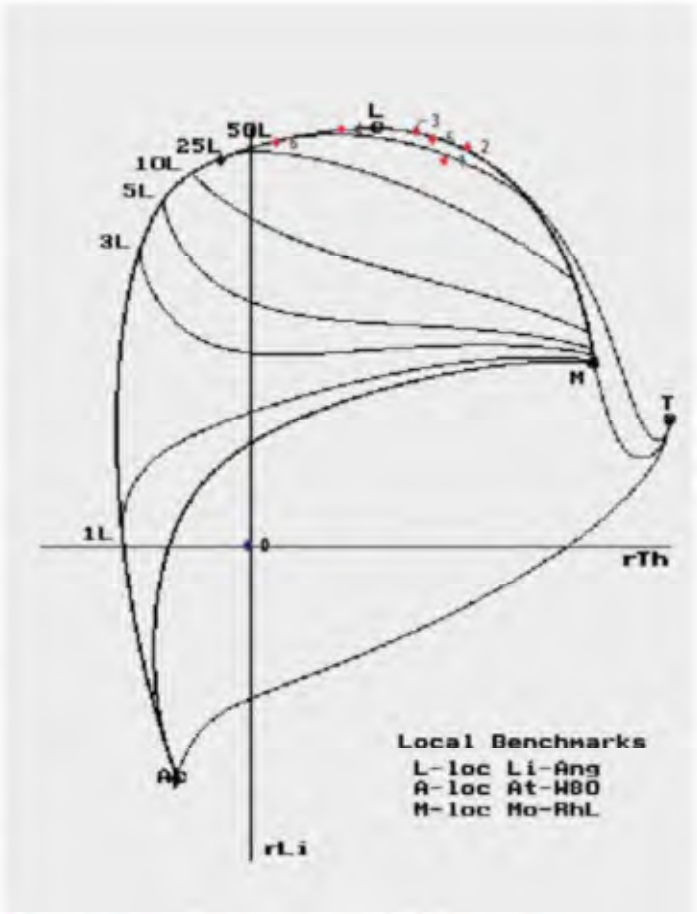
Figuur 14 geeft de stiffdiagrammen weer van de watermonsters. De grafieken geven alle kationen (linkerzijde) en kationen (rechterzijde) aan voor elk watermonster. Alle ionen zijn in meq/l aangeduid in deze grafiek. Voor deze grafiek zijn de gegevens in *Tabel 12* gebruikt. De methodiek over hoe deze diagrammen tot stand zijn gekomen staat beschreven in *hoofdstuk 3*. Een uitgebreide interpretatie van deze grafieken staat in *hoofdstuk 6.1* beschreven.

In *figuur 14* is te zien dat alle watermonsters een trechtervormig patroon hebben. Dit houdt in dat het figuur steeds smaller is naarmate het verder naar onder loopt. De watermonsters van punten 4 en 6 hebben een smaller patroon dan de andere watermonsters. Dit betekent dat er minder ionen in deze watermonsters zitten. De andere watermonsters bevatten meer ionen. Watermonsters 1 en 5 tonen een wat schever patroon aan de onderzijde van de grafiek dan de andere watermonsters. Dit komt omdat de som van natrium en kalium ionen bij deze monsterpunten hoog ligt.



Figuur 14 Stiff-diagrammen (Vergrootte versie zie *Bijlage XLIII*)

Bijlage XLIV geeft de watermonsters weer in de driehoek van Van Wirdum. In de driehoek van Van Wirdum wordt de herkomst van het water bepaald aan de hand van de ionenratio (verticale as) en de logaritme van de EGV (horizontale as). De lijnen in de grafiek geven de mengverhouding aan tussen twee watertypen. De aanwezige watertypen in deze grafiek zijn: Lithotroof water (L), Atmotroof water (A), Thallasatroof water (T) en Rijn water/beïnvloed water (M).
In *bijlage XLII* is te zien dat monsterpunten 1 tot en met 5 allen buiten de lijnen liggen. Dit is niks ernstigs, alleen liggen de punten dus buiten de referentiepunten. Punt 6 is het enige monster dat binnen de lijnen ligt. Daarom kan voor punt 6 alleen de mengverhouding van de watertypen worden bepaald. Punt 6 bevat heeft een mengverhouding van ongeveer 56% atmotroof-, 40% lithotroof- en 4% Rijnwater. De andere punten vallen buiten de driehoek en kunnen daarom niet op deze manier worden afgelezen.



Figuur 15 MAION-diagram (Vergrootte versie zie *Bijlage XLV*)

In *Figuur 15* staat het MAION-diagram weergegeven. Op de horizontale as staat de verwantschap van thallasotroof water aangegeven. Op de verticale as staat de verwantschap lithotroof water aangegeven. Uit de Van Wirdum driehoek is aangetoond dat de meeste punten het meest duiden op lithotroof water. Daarom zijn de isopleten van lithotroofwater in het MAION-diagram in *figuur 15* toegevoegd. Deze isopleten geven aan hoeveel procent lithotroof het watermonster verwantschap toont met lithotroof water.

In *figuur 15* is te zien dat alle punten zijn gelegen op lijn van lithotroof water. Punten 6 en 4 liggen op de lijn tussen lithotroof en atmotroof water. De overige punten zijn allen gelegen tussen lithotroof water en *Tabel 13* geeft de mengverhoudingen uit de Van Wirdum driehoek van atmotroof-, lithotroof- en Rijnwater voor elk monsterpunt aan.

Tabel 13 Resultaten

Monster	Aandeel atmotroof water (%)	Aandeel lithotroof water (%)	Aandeel Rijnwater (%)
1	25	40	35
2	0	73	27
3	0	85	15
4	25	68	7
5	3	77	20
6	58	40	2

5.2 BODEMONDERZOEK

In *Figuur 16* staan alle boorpunten in het projectgebied aangegeven. In *Figuur 16* is voor elk boorpunt een cijfer toegekend. In *Tabel 14* staat algemene informatie over de boorpunten.

Figuur 16 Boorpunten veldwerk (Vergrootte versie zie Bijlage XLVI)

Tabel 14 Algemene informatie over de grondboringen

Grondboring	Deelgebied	x	y	Diepte (cm)
1	1	208184	452347	120
2	1	208188	452291	120
3	1	208181	452197	120
4	1	208181	452141	120
5	2	208683	452120	120
6	2	208680	452130	120
7	2	208651	452132	120
8	3	209007	452592	80
9	3	209052	452585	100
10	3	209074	452580	100

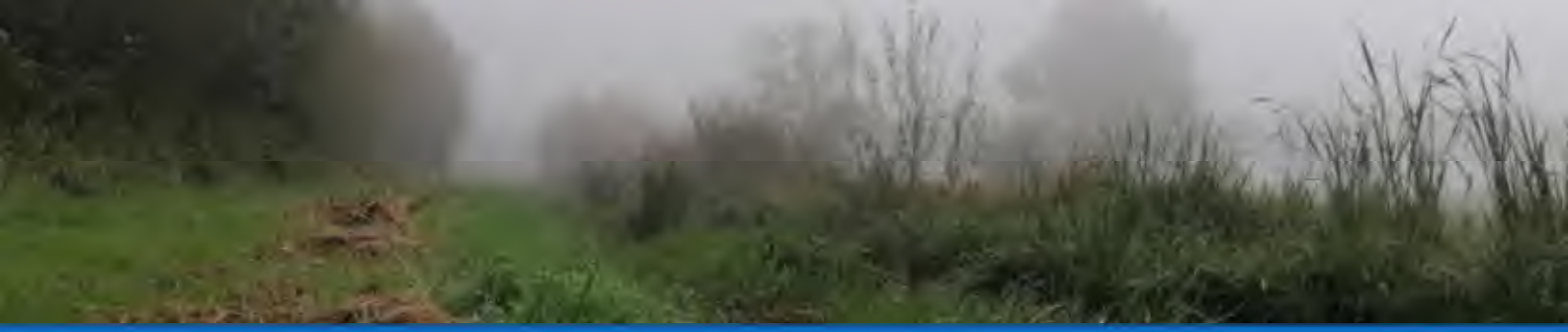
5.2.1 RESULTATEN GRONDONDERZOEK

In deze paragraaf worden de bodemgegevens verkregen uit de veldinventarisatie weergegeven. Parameters zoals kalk, pH en bodemsubgroep zijn relevante gegevens die onderzocht worden. Hieronder een overzicht met de bovengenoemde parameters (zie *Tabel 15*). Voor een compleet overzicht met de boorstaten en alle gemeten parameters, zie *bijlage XLVII*, *bijlage XLVIII* en *bijlage XLIX*.

Tabel 15 Resultaten per grondboring

Boringen	pH	Kalk	Diepte kalk (cm-mv)	GWS (cm-mv)	Bodemsubgroep
Boring 1	6,5	KH	0-20 en 80-120	x	Poldervaaggrond
Boring 2	6,8	KH	0-20 en 80-120	x	Poldervaaggrond
Boring 3	-	-	-	100	Poldervaaggrond
Boring 4	7-7,5	KH	0-40	x	Poldervaaggrond
Boring 5	-	-	-	x	Nesvaaggrond
Boring 6	-	-	-	x	Poldervaaggrond
Boring 7	7	KH	60-120	x	Poldervaaggrond
Boring 8	-	-	-	0	Ooivaaggrond
Boring 9	6,8	KA		40	Gorsvaaggrond
Boring 10	6,5	KH	0-30	80	Woudeerdgrond

In *tabel 15* is te zien dat de diepte waarin er kalk wordt aangetroffen (te herkennen aan de afkorting KH) varieert. Dit is echter niet waar te nemen in de pH-waardes. De waardes zijn constant met een pH van 6,5-7,5. In de meeste bodemprofielen was sprake van kalkhoudende omstandigheden echter de diepte van kalkhoudende lagen varieert. Zo zijn bij de meeste boringen de eerste 20 cm kalkhoudend maar begint bij boring 7 de kalkhoudende lagen pas bij 60 cm-maaiveld. Oorzaak hiervoor zou de variatie in maaiveldhoogte en rivierafzettingen kunnen zijn. In jongere rivierafzettingen heeft er minder ontkalking plaatsgevonden dan in oudere afzettingen. Wat betreft de bodemsubgroepen zijn het allemaal hydrovaaggronden waarbij de textuur varieert van lichte klei tot zware klei. Boring 10 vormt een uitzondering met de classificatie van woudeerdgrond.



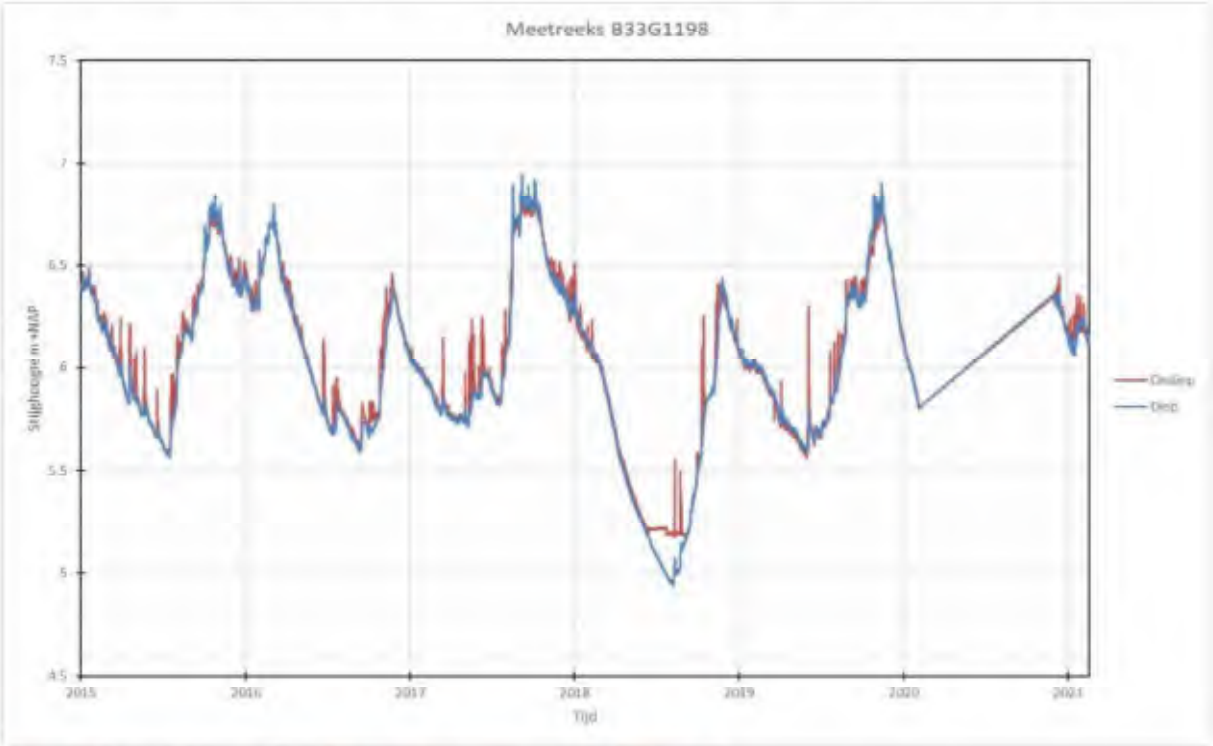
6 INTERPRETATIE

In dit hoofdstuk worden de gegevens van het veldwerk en de literatuurstudie geïnterpreteerd. Deze informatie wordt gebruikt als aanzet voor de beantwoording van deelvraag 3. "Hoe verhouden de sturende factoren van het projectgebied de Prinsenmaat zich tot elkaar?"

6.1 HYDROLOGIE

6.1.1 GRONDWATERSTANDEN EN OPPERVLAKTEWATER

Er wordt gekeken naar de meetreeks van peilbuis B33G1198 in deelgebied 3, het dotterbloemhooiland (zie *Figuur 17*). Hierop is te zien dat de laagste stijghoogten van het grondwater voor de droge periode van 2018 schommelen tussen 5,6 en 5,8 meter boven NAP. In 2017 ligt het niveau licht hoger tussen de 5,7 en 5,9 meter boven NAP. In 2018 is goed te zien dat de droogte van dit jaar een grote invloed heeft op het uitzakken van het grondwater in het Deelgebied 3. Het laagste niveau zakt hieruit naar ongeveer 5 meter boven NAP in de diepe peilbuis en 5,2 meter boven NAP in de ondiepe peilbuis. Echter is te zien dat in 2019 de laagste stijghoogten weer redelijk hetzelfde niveau bereiken als voor 2018. De maaiveldhoogte bij deze peilbuis is 6,59 meter boven NAP, de stijghoogte van het grondwater zit hier in de periode voor en na 2018 ongeveer maximaal 0,9 meter onder maaiveld. In 2018 bedroeg dit ongeveer 1,4 meter. De maximale stijghoogten lijken redelijk gelijk en zitten ongeveer 20 centimeter boven maaiveld, al is dit maar in een zeer korte peridode van het jaar.



Figuur 17 Meetreeks Vitens peilbuis B33G1198 (Vergrootte versie zie *Bijlage XXIV*)

Wanneer er daarnaast gekeken wordt naar de meetreeks van peilbuis B33G1199 (zie *figuur 18*) in het Deelgebied 1 is te zien dat de stijghoogten in het grondwater voor de droge periode van 2018, is er te zien dat de laagste stijghoogtes licht variëren. In 2015 en 2016 schommelt deze laagste stijghoogte rond de 5,9 en 6,1 meter boven NAP. In 2017 lijkt het erop dat de stijghoogte iets uitzakt richting de 5,8 en 5,9 meter boven NAP. Zoals eveneens het geval is bij de peilbuis in het dotterbloemhooiland zakt de stijghoogte in 2018 verder uit als gevolg van de droogte. Het niveau zakt uit naar ongeveer 5,5 tot 5,6 meter boven NAP. Het grootste verschil met het verloop van de stijghoogten in vergelijking met het dotterbloemhooiland zit hem voornamelijk in de periode na 2018. De stijghoogte lijkt zich in 2019 en 2020 weer enigszins te herstellen en komt op ongeveer 5,6 en 5,8 meter boven NAP. Echter zitten de laagste stijghoogten hier gemiddeld nog onder het niveau waarop ze voor de droogte van 2018 zaten. De maaiveldhoogte bij deze peilbuizen is 6,24 meter boven NAP. De stijghoogte van het grondwater zit hier in de periode voor 2018 ongeveer maximaal tussen 0,35 en 0,15 meter onder het maaiveld. In 2018 was dit ongeveer 0,75 en 0,65 meter beneden maaiveld. In de periode na 2018 herstelt het iets en bedraagt het ongeveer 0,65 tot 0,44 meter beneden maaiveld. De hoogste stijghoogten lijken overigens redelijk gelijk en zitten ongeveer maximaal 0,1 tot 0,2 meter boven maaiveld.

Figuur 18 Meetreeks Vitens peilbuis B33G1199 (Vergrootte versie zie *Bijlage XXV*)

Zoals beschreven in *hoofdstuk 4.2* heeft er in de leggerwatergang Olburgse Laak in 2018 peilopzet plaatsgevonden door Waterschap Rijn en IJssel. Deze watergang loopt ten zuiden van het dotterbloemhooiland met in de bovenloop de aantakking van de Afwatering van Rha. Op *Figuur 19* is te zien waar deze peilopzet heeft plaatsgevonden. Dit is gebeurd tussen het dotterbloemhooiland (westelijk gelegen op de kaart) en het Grote Zeggenmoeras (ten noordoosten van de kaart). Deze peilopzet zal dus van invloed zijn op de Olburgse Laak, met daaraan gekoppeld de Afwatering van Rha.

Figuur 19: Locatie peilopzet Olburgse Laak (Waterschap Rijn en IJssel, 2021)

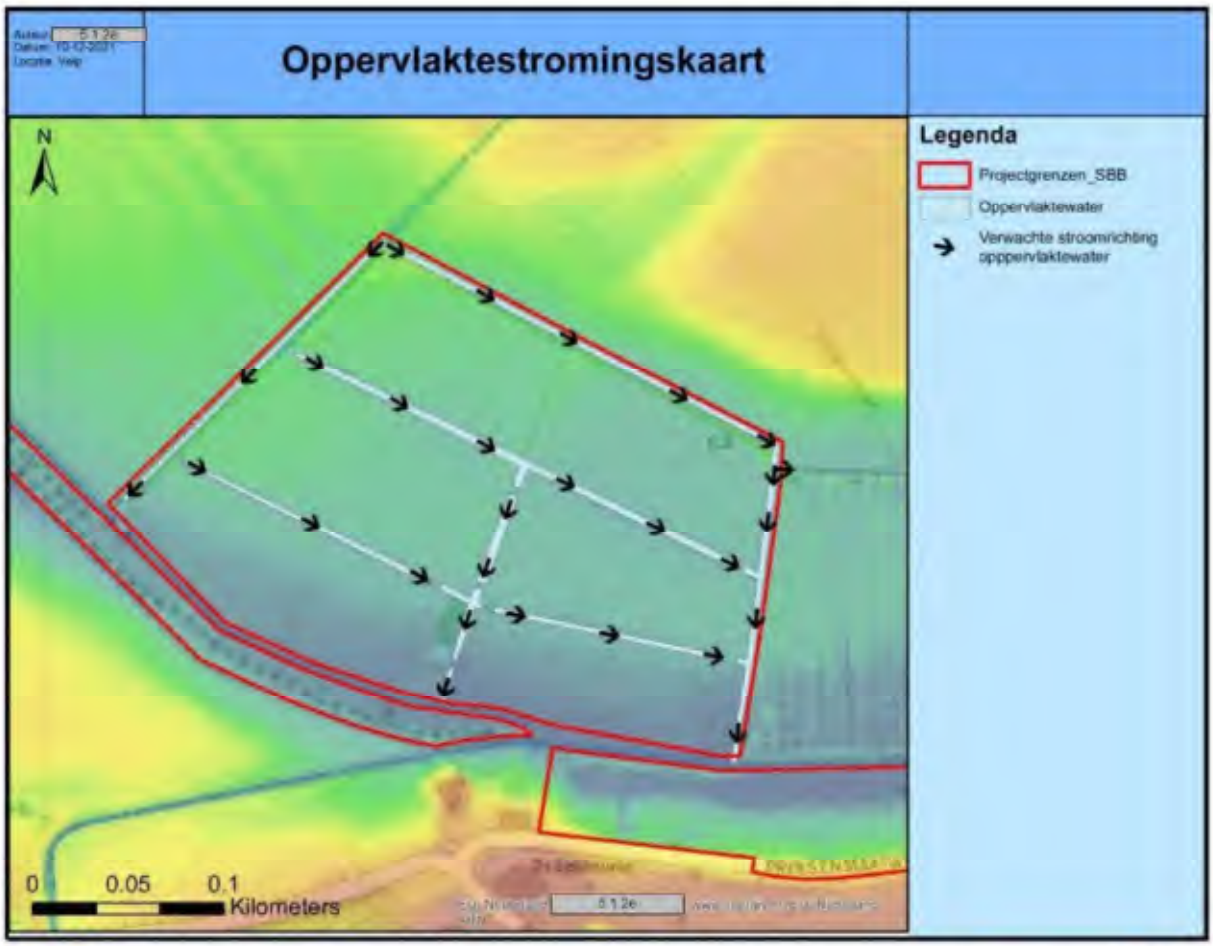
Wanneer deze peilopzet gecombineerd wordt met de meetreeksen zoals hierboven beschreven, lijkt het erop dat de peilopzet invloed heeft op de stijghoogten de peilbuizen. Want wanneer er gekeken wordt naar het Grote Zeggenmoeras komen de laagste stijghoogten nog niet terug op het oude niveau van voor de droge periode van 2018. De laagste stijghoogtestanden in de peilbuizen in het Dotterbloem hooiland lijken zich echter veel beter te herstellen.

Wanneer er gekeken wordt naar de gegevens uit het Amigo grondwatermodel, is er te zien dat de gemiddeld laagste grondwaterstand door het projectgebied heen verschilt. Op de kaart is goed te zien dat de GLG op dezelfde locatie waar de peilbuizen staan in de periode over 2009 tot en met 2016 licht afwijkt van de metingen in uit de stijghoogtelijnen. In het dotterbloemhooiland is de GLG gemiddeld tussen de 0,40 en 0,80 meter beneden maaiveld. Terwijl deze voor in de periode voor en na 2018 in de stijghoogte op maximaal ongeveer 0,90 meter zat. Wel is het zo dat deze 0,90 meter onder maaiveld relatief kort aanhoudt.

Voor het Grote Zeggenmoeras zit de volgens de berekeningen in het Amigo grondwatermodel de GLG op gemiddeld 0 tot 0,25 meter beneden maaiveld. Volgens de stijghoogtelijnen uit de metingen blijkt dat dit voor 2018 op ongeveer 0,35 tot 0,15 meter onder maaiveld zat, wat redelijk overeenkomt met de uitkomsten uit het model. In de periode na 2018 schommelt dit echter tussen de 0,45 en 0,65 meter beneden maaiveld, wat aanzienlijk lager is dan de waarden uit het grondwatermodel.

6.1.2 STROOMRICHTING OPPERVLAKTEWATER

Aan de hand van de hoogtekaart (zie *bijlage XXI*), kan men een indicatie geven van de stroomrichting van de sloten in het dotterbloemhooiland. Deze is uitgewerkt in een kaart in *Figuur 20*.



Figuur 20 Oppervlaktestromingskaart van verwachte stroomrichting van sloten in het dotterbloemhooiland (Vergrootte versie zie Bijlage L)

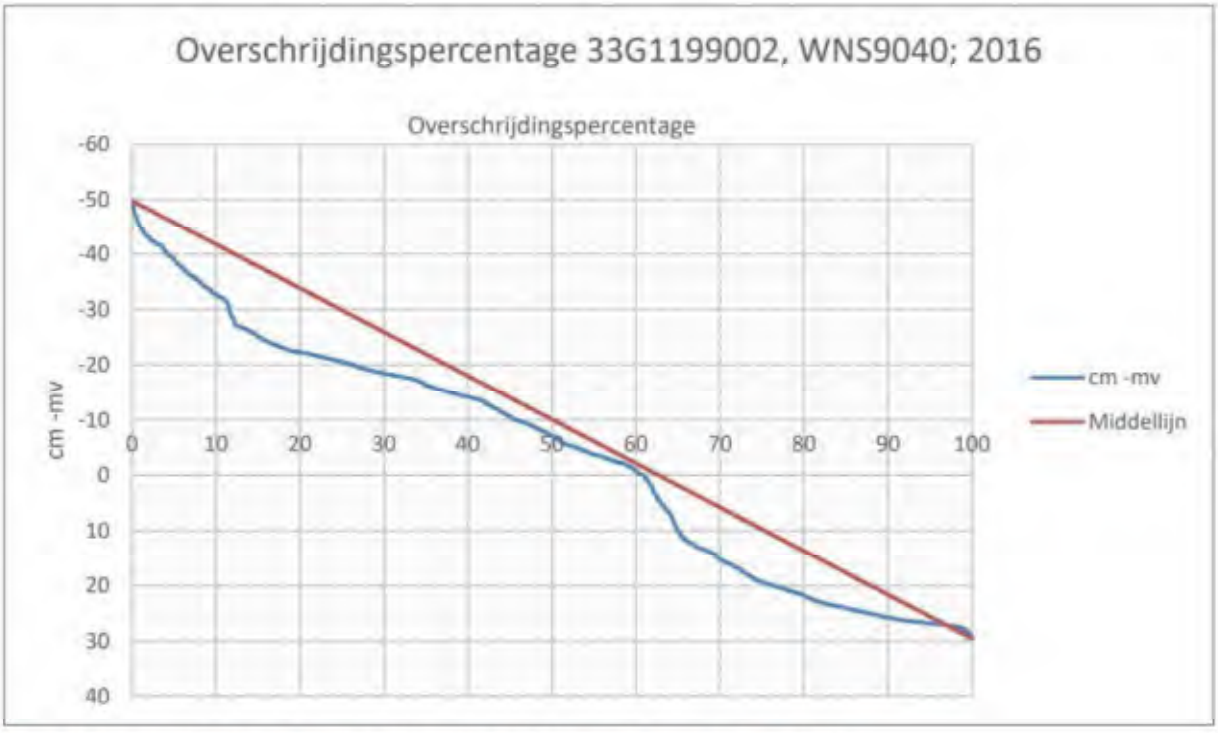
6.1.3 DUURLIJNEN

Om de netto aan en afvoer van een grondlaag te bepalen, zijn er duurlijnen gemaakt niet in tijd, maar percentage. Deze zijn voor peilbuis B33G1198 van de jaren 2016-2019 te vinden in *bijlage LI-LVIII* en voor peilbuis B33G1199 van de jaren 2016-2020 in *bijlage LIX-LXVIII*. Een overzicht van de peilbuisinstellingen en de berekeningen van de oppervlaktes van de grafieken met de middellijn zijn weergegeven in *Tabel 16*.
De ondiepe en diepe peilenbuizen in het dotterbloemhooiland en de ondiepe peilbuis in het grote zeggemoeras vormen hetzelfde patroon. In 2016 en 2019 is er een netto toevoer van grondwater in de lagen en in 2017 en 2018 is er een netto afvoer.

Tabel 16: Netto aan of afvoerdruk

	Dotterbloemhooiland		Grote zeggemoeras	
	33G1198001	33G1198002	33G1199001	33G1199002
	Peilbuis instelling			
Bovenkant buis [m +NAP]	7.27	7.25	6.9	6.88
Bovenkant filter [m +NAP]	6.09	3.49	5.24	3.24
Onderkant filter [m +NAP]	5.09	2.49	4.24	2.24
	Netto oppervlakte overschrijdingsduurlijn-middellijn			
2016 (cm/jaar)	497,435	116,971	121,277	-622,275
2017 (cm/jaar)	-2261,115	-2911,478	-1713,65	-1892,885
2018 (cm/jaar)	-1147,657	-845,795	-488,168	-1722,479
2019 (cm/jaar)	534,7	572,579	543,445	-373,832
2020 (cm/jaar)			156,787	-1015,337

De diepe peilbuis in het Grote zeggemoeras toont afwijkende waarden ten opzichte van de overige meetpunten. Op deze locatie is elk jaar een netto afvoer. Zelfs in 2016, waarbij de neerslag relatief hoog en de verdamping relatief laag is in vergelijking met de opvolgende jaren (zie *tabel 4, hoofdstuk 4.1.2*), is er een netto afvoerdruk zoals te zien is in *Figuur 21*. Een netto afvoer zorgt ervoor dat dit gebied sneller kan worden beïnvloed door langdurige droge perioden, waardoor de kweldruk in het gebied kan wegvallen. In de toekomst verwacht men ook meer droge perioden (zie *hoofdstuk 4.1.3*)



Figuur 21 Overschrijdingsduurlijn peilbuis 33G1199002 2016 (Vergrootte versie zie *Bijlage LXIV*)

Er is niet met zekerheid te zeggen wat deze afwijking veroorzaakt, echter zijn er een aantal mogelijke oorzaken die deze afwijking kunnen verklaren.
Een oorzaak kan zijn de onttrekking van grondwater uit desbetreffende laag door de naastgelegen boerderij (zie *Figuur 22*) voor beregenen van zijn percelen. Dit zou moeten worden nagetrokken bij Waterschap Rijn en IJssel.

Figuur 22: Ligging Peilbuis B33G1199 t.o.v. naastgelegen boerderij (Vitens

Op de zandbanenkaart (zie *bijlage XXXI*) is te zien dat in het grote zeggemoeras zich een zandbaan op 3-4m -mv bevindt die in verbinding lijkt te staan met de IJssel. De peilbuis in het dotterbloemhooiland ligt niet in deze zandbaan. Bij een lage waterstand in de IJssel ten opzichte van de grondwaterstand in het grote zeggemoeras, kan de IJssel via deze zandbaan het grondwater uit het gebied onttrekken. Ook werk aan het gebied zelf kan de integriteit van de onderliggende lagen hebben aangepast. In de laatste 2 eeuwen hebben drastische veranderingen plaats gevonden aan de Grote beek en de Vreekolk (zie *hoofdstuk 4.4*). De Vreekolk is op enkele vijvers na geheel gedempt. De grote beek is gekanaliseerd en de loop van de beek is geheel omgelegd.

6.2 WATERKWALITEIT

In deze paragraaf worden de resultaten die in *paragraaf 7.1* zijn beschreven geïnterpreteerd. Om een betrouwbare interpretatie te krijgen zijn zowel de stiffdiagrammen, Van Wirdum driehoek en MAION-diagram apart beschreven. Onder het kopje 'totale interpretatie' staat de interpretatie beschreven waarin alle drie de methoden zijn meegenomen.

Stiffdiagrammen

Onder deze kop worden de stiffdiagrammen in *figuur 14* vergeleken met de stiffdiagrammen van de referenties lithotroof, atmotroof en Rijnwater. Alle watermonsters vertonen een trechtervormig patroon. Dit patroon duidt op water met een lithotroof karakter. Wel wijken diverse patronen af van de referentie lithotroof water. Watermonsters 4 en 6 bevatten minder ionen. Dit duidt op mengwater van grondwater en regenwater. Monsterpunten 1 en 5 hebben een schever patroon aan de onderzijde. Dit komt door een verhoogd gehalte aan natrium en kalium ionen. In *Tabel 2* staan de concentraties ionen apart beschreven. Hieruit is af te leiden dat de concentratie natrium ionen in de watermonsters hoger is in vergelijking met de referentiewaarde voor lithotroof water. De concentratie aan kalium ionen ligt in de meeste gevallen beneden de referentiewaarde van lithotroof water. De verhoogde concentratie van de som van kalium en natrium ionen is daarom niet door kalium ionen bepaald, maar door natrium ionen. Watermonsters 1 en 5 zijn daarom beïnvloed. De watermonsters 2 en 3 hebben een recht patroon en tonen een sterk verband met de referentie lithotroof water.

Van Wirdum driehoek

In *bijlage XLIV* is af te leiden dat de monsterpunten 1 tot en met 5 buiten de driehoek zijn gelegen. Wel is uit de Van Wirdum driehoek af te leiden dat deze punten allen dicht bij de referentie lithotroof water zijn gelegen. De watermonsters 1 tot en met 5 tonen daarom de meeste verwantschap met lithotroof water. Punt 6 is als enige punt gelegen in de grafiek. Dit watermonster bevat een verwantschap van ongeveer 56% atmotroof-, 40% lithotroof- en 4% Rijnwater. Dit duidt lithotroof water dat is verdund met atmotroof water.

MAION-diagram

Uit *Figuur 15* en *Tabel 13* is af te leiden dat de watermonsters 1 tot en met 5 de meeste verwantschap tonen met lithotroof water. Watermonster 6 toont de meeste verwantschap met atmotroof water. Omdat het aandeel lithotroof water dusdanig groot is (40%) duidt dit watermonster op met atmotroof verdund lithotroof water. Ook watermonster 4 toont voor 25% verwantschap met atmotroof water. Mogelijk bevat ook watermonster 4 met atmotroof verdund lithotroof water.
Watermonster 1 toont verwant met zowel atmotroof, lithotroof en Rijnwater. De meeste verwantschap toont dit watermonster met lithotroof water (40%). Het watermonster bevat waarschijnlijk beïnvloed en verdund lithotroof water.
De watermonsters 2,3 en 5 tonen niet of nauwelijks verwantschap met atmotroof water. Deze watermonsters zijn daarom niet verdund met atmotroof water. Wel is het aandeel Rijnwater in deze monsters groter dan de watermonsters die verwantschap tonen met atmotroof water. Watermonster 2 toont de meeste verwantschap (27%) met Rijnwater van deze drie watermonsters. Dit betekend dat dit water beïnvloed of verontreinigd is. Watermonsters 3 en 5 tonen ook een verwantschap met Rijnwater, hoewel deze verwantschap minder is dan watermonsters 1 en 2. De watermonsters 3 en 5 zijn daarom minder beïnvloed/verontreinigd. Dan de watermonsters 1 en 2.

Totale interpretatie

De stiffdiagrammen, Van Wirdum driehoek en het MAION-diagram geven ongeveer dezelfde resultaten. Watermonster 1 toont verwantschap met zowel atmotroof, lithotroof en Rijnwater in het MAION-diagram. In de stiff-diagram is ook te zien dat het patroon van dit watermonster scheefloopt.

Watermonsters 4 en 6 tonen in alle grafieken een door atmotroof water verdund lithotroof water aan. Dit is gezien de locatie van bemonstering te verklaren. Monsterpunten 4 en 6 betreffen namelijk twee oppervlaktewater monsters.

De watermonsters 2, 3 en 5 tonen een sterk verwantschap met lithotroof water. Het aandeel atmotroof water is dusdanig klein dat deze watermonsters niet worden verdund door atmotroof water. Wel is er sprake van een lichte beïnvloeding.

Als resultaten van de watermonsters in *Tabel 12* worden vergeleken met de referentiewaarden voor lithotroof water in *tabel 2* zijn enkele afwijkingen waarneembaar. De sulfaatconcentratie van alle grondwatermonsters is hoger dan de sulfaatconcentratie van lithotroof water. Er is dus sprake van een beïnvloeding van sulfaat. Dit kan komen door lokale pyrietoxidatie, zwaveldepositie of aanvoer van sulfaat via kwelwater. Dit kan (mede) de oorzaak zijn van de verlaagde pH (ten opzichte van de referentie lithotroof water) in de watermonsters. Alle pH-waarden zijn namelijk lager dan de pH-waarde van de referentie lithotroof water. Een andere logische oorzaak van de lage pH kan hemelwater zijn dat gemengd is met de watermonsters. Het MAION-diagram toont ook verwantschap met atmotroofwater aan voor een aantal watermonsters aan. Wel is uit de gegevens op te merken dat de pH-waarde van de watermonsters 1 tot en met 5 niet beduidend lager is dan de pH waarde van de referentie waarde van lithotroof water. De invloed regenwater zal dus op deze watermonsters slechts een geringe invloed hebben. De pH-waarde van watermonster 6 is lager dan de pH van watermonsters 1 tot en met 5. Bij watermonster 6 speelt regenwater daarom een grotere rol.

Omdat de pH laag is zal veel zuurbuffering kunnen optreden. Dit kan de hoeveelheid HCO_3^- in de watermonsters verklaren. Als zuurbuffering optreedt door (vrije) kalk komt ook calcium oplossing. Dit kan de verhoogde gehalten van calciumionen verklaren.

Om goed onderbouwde uitspraken te doen over de oorzaken van de afwijkende ion gehalten in de watermonsters moeten meerdere factoren worden meegenomen. Dit wordt gedaan in *hoofdstuk 7*.

6.3 BODEM

In deze paragraaf worden de bodemgegevens verder toegelicht en geïnterpreteerd. De interpretatie gebeurt aan de hand van het beschrijven van de voorkomende bodemprocessen en de samenhang met andere componenten zoals geomorfologie en hydrologie. Met behulp van deze interpretatie kan dus de verhouding van de LESA-componenten worden afgeleid.

Deelgebied 1

In deelgebied 1 bevindt zich het grote zeggenmoeras. In het desbetreffende gebiedsdeel zijn drie boringen geplaats die van westen naar oost lopen. Het perceel is in de bodemkaart geclassificeerd als moeras (zie *Figuur 12*). Voor de meeste profielen geldt dat het materiaal bijna gerijpt is, met uitzondering van het derde profiel waarbij de A-horizont wel gerijpt is. Daarnaast is de grondwaterstand relatief hoog met aangetroffen standen tussen de 0 en 80 cm-mv. Er is ook sprake van enige fluctuatie van de grondwaterstand gezien de aangetroffen roestvlekken in de bodemprofielen. Het lutumgehalte is hoog, namelijk boven de 35%. Het hoge lutumgehalte duidt op zware klei die is afgezet. Daarnaast is er sprake van kalkarme omstandigheden, echter is de pH relatief hoog met waardes tussen 6,5 en 6,8.

Deelgebied 2

Het tweede gebiedsdeel is het perceel gelegen tussen het dotterbloemhooiland en het grote zeggenmoeras. In dit perceel zijn drie boringen uitgevoerd. De eerste boring is gekwalificeerd als nesvaaggrond, vanwege de ongerijpte ondergrond. De twee andere boringen zijn geclassificeerd als poldervaaggrond. Opvallend is de zandige ondergrond wat duidt op een pleistocene oorsprong. Aannemelijk is dat de kleilaag erboven van holocene afkomst is. Het derde profiel in het deelgebied bevat tevens resten van schelpen en slib (zie *Figuur 23*). Dit is tevens te zien aan het kalkgehalte en pH, waarbij het kalkgehalte relatief hoog is en een pH van 7 is geconstateerd. Wellicht duiden deze waarnemingen op een mariene afzetting. Het is in ieder geval bekend dat de bovengrond over het algemeen bestaat uit een complexe holocene eenheid (zie 4.1.5 Geologie). De ondergrond bestaat uit de formatie van Kreftenheye. Het aantreffen van schelpfragmenten is dus vrij opmerkelijk gezien de hoogte waarin het is aangetroffen. In het rivierenlandschap wil namelijk de pleistocene ondergrond af en toe een mariene afzetting bevatten (Kraaijvanger, zd).

Figuur 23 Schelpfragmenten in bodemprofiel

Deelgebied 3

Deelgebied 3 bevindt zich zogezegd in het westen van de Prinsenmaat (zie *Figuur 1*). Het perceel heeft als doelstelling dotterbloemhooiland. In het beoogde dotterbloemhooiland zijn vier boringen uiteengezet in een raai die loopt van het noord naar zuid.

De meest voorkomende bodemsubgroep is poldervaaggrond (zie *Figuur 24* en *Figuur 15*). Deze poldervaaggrond behorend tot hydrokleivaaggronden is o.a. te kenmerken aan de hydromorfe kenmerken. Roestverschijnselen waren veelvuldig waar te nemen in de boringen die in dit perceel zijn genomen. Deze roestverschijnselen zijn een product van oxidatie van ijzer. Onder anaerobe omstandigheden komt ijzer voor in de vorm van Fe^{2+}. In aerobe omstandigheden vindt er oxidatie plaats en slaat ijzer neer in de vorm van Fe_2O_3 en $Fe(OH)_3$. Hierdoor verschijnen de zichtbare roestvlekken in het profiel. Deze verschijnselen duiden tevens op

fluctuerende grondwaterstanden. De aangetroffen grondwaterstanden bevestigen dit enigszins met grondwaterstanden van 0 tot 100 cm-mv (*Figuur 26*).

Daarnaast zijn de profielen kalkhoudend wat overeenkomt met de landschappelijke positie en de textuur van het aanwezige materiaal. Voor de meeste profielen geldt dat er een gedeelte kalkarm of kalkloos is. Dit betekent dat het proces ontkalking heeft plaatsgevonden waarbij calciumcarbonaat kan worden opgelost tot bicarbonaat (Jongmans, van den Berg, Sonneveld, Peek, & van den Berg van Saparoea, 2015).

Figuur 24 Poldervaaggrond

Figuur 25 Poldervaaggrond

Algehele interpretatie

Poldervaaggrond is de meest voorkomende bodemsubgroep in de Prinsenmaat. De bodemsequentie van het IJsseldal ten zuiden van Zutphen bevestigt dit enigszins door het geschetste voorkomen van poldervaaggronden in holocene meanders (Jongmans, van den Berg, Sonneveld, Peek, & van den Berg van Saparoea, 2015). Daarnaast zijn in vrijwel alle profielen roestvlekken waar te nemen wat duidt op enigszins fluctuerende grondwaterstanden.

Het lijkt erop dat de bodemgegevens erop duiden dat de Prinsenmaat onderdeel is van het jonge riviersysteem gezien de kalkhoudende profielen. Oude rivierkleigronden hebben langer aan het oppervlak gelegen waardoor er meer bodemvorming kan plaatsvinden. Hierdoor is de basenverzadiging en de pH lager dan bij jonge rivierkleigronden. Daarnaast is de kleur van de roest bij oude rivierkleigronden oranje tot geelbruin terwijl de roestvlekken van de profielen meer roodbruin zijn (Stiboka, 1979).

60258 0047

7 SYNTHESE

In het hoofdstuk Synthese is de samenhang van de sturende componenten verklaard zoals omschreven staat in de Methode (zie *Hoofdstuk 2*). Deze sturende componenten zijn verkregen aan de hand van de LESA-methodiek.

7.1 WATERKWALITEIT

In de interpretatie is de samenstelling van de watermonsters 4 en 6 verklaard. Dit betreffen de oppervlaktewatermonsters. Voor de grondwatermonsters is nog geen verklaring. Om deze te vinden zijn de andere gegevens geraadpleegd.

De pH van de watermonsters ligt lager dan de referentie pH-waarde voor lithotroof water. Dit kan komen door een beïnvloeding van atmotroof water. De monsters zijn allen genomen in/onder een kleilaag van minstens 1 meter dik. Het is daarom onwaarschijnlijk dat het water verzuurd is met atmotroof water.

Een andere oorzaak van verzuurd grondwater kan de depositie van NO_x, SO_x en/of NH_x zijn (RIVM, 2008). In vrijwel alle grondwatermonsters is een enigszins verhoogde concentratie aan SO_4^{2-} aangetroffen. Sulfaat is goed oplosbaar in water en hierdoor een mobiele stof in het grondwater. Sulfaat in het grondwater kan onder anaerobe omstandigheden worden gereduceerd tot sulfide en neerslaan als bijvoorbeeld ijzersulfide FeS (pyriet). Gezien de GLG en GHG in het projectgebied is het logisch dat er zuurstofloze omstandigheden zich voordoen op meer dan 1 meter diepte. Uit de GLG en GHG-gegevens blijkt dat de GLG hooguit 80 centimeter beneden maaiveld is. Dit betekent dus dat de plek waar de watermonsters zijn genomen altijd zuurstofloze omstandigheden plaatsvinden.

Figuur 26: Kwel met ijzerrijke kenmerken

Omdat er zuurstofloze omstandigheden aanwezig zijn kan sulfaat dus niet door zuurstof loskomen van pyriet. Ook kan het zijn dat er niet voldoende ijzer in het grondwater aanwezig is dat sulfide [S^{2-}] kan binden. Hoewel er geen ijzergegevens beschikbaar zijn kan door waarnemingen in het veld hier wel een uitspraak over worden gedaan. Er zijn tijdens de veldwerkzaamheden op meerdere plaatsen kwel met ijzerrijke kenmerken aangetroffen aan het maaiveld oppervlak (zie *Figuur 26*). Dit duidt erop dat er wel voldoende ijzer in het grondwater aanwezig is om sulfide te binden.

Een andere reden dat sulfide van pyriet kan oxideren is de aanwezigheid zijn van nitraat [NO_3^-]. Het grondwater kan daarom verrijkt zijn met stoffen zoals nitraat en sulfaat. Uit de LGN7 kaart blijkt dat er landbouwgronden naast het projectgebied gelegen zijn. Ook zijn tijdens de veldwerkzaamheden koeien aangetroffen direct naast het projectgebied. Op de isohypsen kaart blijkt dat de stijghoogte bij deze landbouwgronden hoger ligt dan de stijghoogte in het projectgebied. Het grondwater stroomt dus vanaf de landbouwgebieden richting het projectgebied. De overschrijdingsduurlijnen geven aan dat in het projectgebied sprake is van een (gedraineerd) kwelgebied. Het is dus mogelijk dat nitraat- en sulfaatrijk grondwater wordt aangevoerd vanaf de landbouwgronden naar het projectgebied.

De aanvoer van hoge concentraties aan sulfaat en nitraat concentraties kan leiden tot een daling in de pH. Als er calciumcarbonaat [$CaCO_3$] aanwezig is kan dit het zuur bufferen en zal de pH in het grondwater ongeveer 7 zijn. Tijdens de veldwerkzaamheden is ook de kalk in de bodem bepaald. Uit deze bepalingen is gebleken dat er kalk in de bodem in het projectgebied aanwezig is. Daarnaast zijn in deelgebied 2 schelpen aangetroffen. Ook is de pH van de bodem overal hoger dan 6,5. Dit betekent dat de bodem zich nog bevindt in het (bi)carbonaat buffertraject. De bodem is dus niet extreem gevoelig voor verzuring. Het kan dus enige mate van verzurende stoffen bufferen.
Dat er wel sprake is van enige buffering van verzurende stoffen in het grondwater is af te leiden aan de hoge gehalten bicarbonaat [HCO_3^-] en [Ca] in het grondwater. Doordat calciumcarbonaat [$CaCO_3$] in de bodem een zuurion bindt komt calcium tezamen met bicarbonaat vrij in het grondwater.
Daarnaast is er in het grondwater ook een hoog gehalte aan chloride [Cl] aangetroffen. Ook is het elektrisch geleidend vermogen hoger dan de referentiewaarde van lithotroof water in grondwatermonsters. De hoge concentraties chloride (en daarmee ook een verhoogde EGV) kan ook veroorzaakt worden door meststoffen (RIVM, 2008).

7.2 BODEM, VEGETATIE EN HYDROLOGIE

7.2.1 DEELGEBIED 1: GROTE ZEGGENMOERAS

Wanneer er gekeken wordt naar deelgebied 1 bestaat dit gebied volgens de bodemkaart uit een moerasgebied. Dit betekent dat de grondwaterstand het hele jaar door hoog is en in bepaalde perioden van het jaar boven het maaiveld uit komt. Wanneer er naar de veldwerkboringen in het gebied gekeken wordt, zijn hier drie verschillende bodemtypen geclassificeerd. In het westelijke natte gedeelde is er een Ooivaaggrond aangetroffen, wat staat voor een bodem zonder hydromorfe kenmerken. Echter is er tijdens de grondboring (boring 8) tot op een diepte van 80 centimeter beneden maaiveld roestverschijnselen waargenomen.

Wanneer er gekeken wordt naar de berekende GLG in het grondwatermodel Amigo is het voor grote delen van het gebied berekend op 0 - 25 centimeter beneden maaiveld en daarnaast op enkele stukken tot boven maaiveld. De berekende GHG ligt in het gehele gebied boven het maaiveld. Wanneer er naar de stijghoogtemetingen wordt gekeken, zakt deze in de periode na 2018 uit tot gemiddeld ongeveer 50 centimeter beneden maaiveld. In de zomer van 2018 is door de droogte de grondwaterstand verder gedaald, waardoor er roest in de bodem gevormd kan zijn. Echter ligt deze peilbuis in het wat hogere deel van het gebied, waardoor de berekende GLG en GHG representatief kunnen zijn voor het gebied, wanneer ervan uitgegaan wordt dat het omliggende gedeelte lager ligt.

Op de LGN7 kaart wordt dit deelgebied aangeduid met moerasvegetatie. Uit de vegetatiekartering blijkt dat deze natte delen voornamelijk gekarteerd zijn als Soortenarm rietland en Grote Zeggenmoeras. De moerasplanten in het grote zeggemoeras zijn goed aangepast aan de anaerobe condities in de bodem. Moerasplanten als scherpe zegge en riet bevatten luchtkanalen zodat ze zuurstof vanaf de bladeren naar de wortels kunnen transporteren. Daarnaast zorgt de textuur van het materiaal ervoor dat de juiste basische en voedselrijke omstandigheden kunnen ontstaan. Deze anaerobe condities worden veroorzaakt door met name toevoer van grondwater. Dit is te zien aan het feit dat planten als holpijp en waterviolier duiden op een milieu wat voornamelijk een lithotroof karakter heeft.

7.2.2 DEELGEBIED 2: DOTTERBLOEMHOOILAND

In deelgebied 2 is alleen vochtig grasland aanwezig. Dit duidt op nattere omstandigheden. Bij het veldwerk zijn deze bodems als Poldervaaggronden geclassificeerd. Dit zijn drogere gronden. Tussen de 100- en 120 centimeter beneden maaiveld zijn resten van slib en schelpen aangetroffen. Deze resten duiden op mariene afzettingen. Omdat dit gebied een oude IJssel arm is komen de afzettingen op deze diepte meer overeen met de oude rivierloop. Op de LGN7 kaart wordt dit deelgebied grotendeels aangeduid als loofbos. Aan de randen van het gebied komen natuurgraslanden voor. Op de vegetatiekartering is te zien dat dit gebied wordt aangeduid als onbegroeid terrein. Er was tijdens het veldwerkbezoek wel begroeiing in het gebied aanwezig. De aangetroffen begroeiing duit op het vegetatietype dotterbloemhooiland.

Volgens het grondwatermodel Amigo ligt de GLG op de hogere delen in dit gebied tussen de 40- en 80 centimeter beneden maaiveld. De hoogste rand, nabij de JF Oltmanstraat is de GLG tussen de 80 - en 140 centimeter beneden maaiveld. Op de lagere delen van dit terrein ligt de berekende GLG voornamelijk tussen de 0- en 25 centimeter beneden maaiveld. De GHG ligt in dit gebied op de lagere delen voornamelijk boven maaiveld, terwijl de GHG op de hogere delen tussen de 40 en 80 centimeter beneden maaiveld ligt.

7.2.3 DEELGEBIED 3: DOTTERBLOEMHOOILAND MET SLOTENSYSTEEM

In Deelgebied 2 zijn twee verschillende bodemtypen aanwezig. In het hogere noordelijke deel komt een Ooivaaggrond voor, terwijl in het lagere zuidelijke deel een Drechtvaaggrond voorkomt. Een Ooivaaggrond staat voor gronden met hydromorfe kenmerken, wat betekent dat het grondwater ook niet het maaiveld zal bereiken. Drechtvaaggronden zijn gronden met wisselende grondwaterstanden, waar periodiek hoge grondwaterstanden kunnen voorkomen.
Alle grondboringen in Deelgebied 3 vertonen roestverschijnselen van maaiveld tot 120 centimeter beneden maaiveld. De berekende GLG van het Amigo grondwatermodel geeft dezelfde GHG tot het maaiveld. De GLG bedraagt in het noordoosten 140 centimeter beneden maaiveld, maar als men de raai volgt van noordwest naar zuidoost, verhoogt de GLG zich in het Amigo model tot maximaal 25 centimeter beneden maaiveld. De bodemkaart geeft een GHG van maximaal 40 centimeter beneden maaiveld en een GLG van >120 centimeter beneden maaiveld in het noordwesten en aan het einde van de raai in het zuidoosten tot 80 centimeter beneden maaiveld.

De roestverschijnselen in de diepere lagen kunnen zijn ontstaan in de droge zomers van 2018, 2019 en/of 2020. Bij de grondwatermonitoring van de Vitens peilbuizen is ook te zien dat het grondwaterpeil in 2018 uitzakt tot 120 centimeter beneden maaiveld.

Een hoog lutumgehalte heeft invloed op de operationele standplaatscondities van de vegetatie. Ten eerste hebben de kleimineralen een negatieve randlading waardoor er positieve ionen zich aan de kleimineralen kunnen binden. Dit wordt ook wel de kationenuitwisseling (CEC) capaciteit genoemd. Calcium is één van deze positieve ionen die aan deze negatief geladen kleideeltjes kan gaan hechten. Daarnaast kan het calcium worden aangevoerd door het grondwater. Uit de waterkwaliteit monsters van het projectgebied is af te leiden dat zich relatief veel calcium in het gebied bevindt (zie *Tabel 12*). Het materiaal dat in het westen van het projectgebied aanwezig is, in combinatie met het kalkgehalte en de voedselrijkdom, komt overeen met de gewenste standplaatsfactoren van een dotterbloemhooiland.

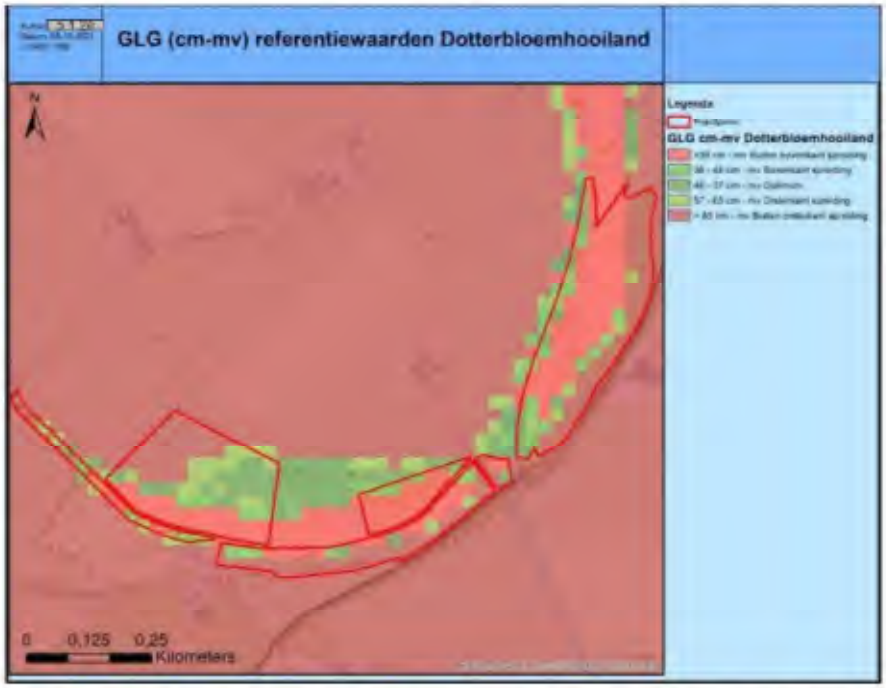
8 KNELPUNTEN

In dit hoofdstuk worden de knelpunten beschreven die aan de hand van de vergelijking tussen de huidige situatie en de abiotische randvoorwaarden van de plantengemeenschappen zijn bepaald. De knelpunten die zijn gevonden naar aanleiding van deze vergelijking hebben een hydrologisch karakter.

De huidige situatie is dus bepaald aan de hand van de grondwaterstanden van het grondwatermodel Amigo en de meetreeksen van de aanwezige peilbuizen in het projectgebied. De resultaten van deze gegevens zijn vergeleken met de referentiewaarden van de plantengemeenschappen 08Bc02a associatie van scherpe zegge; Typische subassociatie en 16Ab04 associatie van boterbloemen en waterkruiskruid. Deze plantengemeenschappen zijn representatief voor de realisatietypen grote zeggemoeras en dotterbloemhooiland.

8.1 DEELGEBIED 3 DOTTERBLOEMHOOILAND

In *Figuur 27* zijn de referentiewaarden van de GLG van de associatie van boterbloemen en waterkruiskruid vergeleken met de GLG uit het Amigo grondwatermodel. In *bijlage LXX* zijn de stijghoogten van de peilbuizen van Vitens vergeleken met dezelfde abiotische randvoorwaarden. In de lagere delen van het perceel, in de rand langs de Olburgse Laak, is de GLG te hoog voor deze associatie. Dit is terug te zien in de vegetatie op deze plekken, waarbij er meer moerasplanten zichtbaar zijn, zoals scherpe zegge en lidrus. Hierdoor krijgt het dotterbloemhooiland een andere inslag van plantensoorten. Echter in de hoger gelegen delen van het perceel, te weten de noordwestzijde van het dotterbloemhooiland, is de GLG te laag voor de referentiewaarden van de associatie van boterbloemen en waterkruiskruid. Dit zou eventueel aan het einde van het groeiseizoen van de plant problemen kunnen leveren met betrekking tot de capillaire nalevering.



Figuur 27 Vergelijking GLG (cm -mv) randvoorwaarden met dotterbloemhooiland (Vergrootte versie zie *Bijlage LXIX*)

In *bijlage LXX* is het stijghoogteverloop van de ondiepe peilbuis in het dotterbloemhooiland uitgezet in vergelijking met de randvoorwaarden van de GLG voor eerdergenoemde associatie. In deze grafiek is goed te zien dat de laagste stijghoogten uitzakken buiten de range die gesteld worden aan de GLG voor dit type vegetatie. In de vegetatiekarteringen is duidelijk terug te zien dat de hogere delen gekarteerd worden als type

van gestreepte witbol. Dit betekent dat de GLG in dit gebied te laag is voor een goed ontwikkeld dotterbloemhooiland.

8.2 DEELGEBIED 1 GROTE ZEGGEMOERAS

In *Figuur 28* zijn de referentiewaarden van de GLG van de associatie van scherpe zegge; typische vorm vergeleken met de GLG uit het Amigo grondwatermodel. De GLG volgens Amigo komt goed overeen met de GLG-referentiewaarden van de representatieve plantengemeenschap van het grote zeggemoeras. Bepaalde terreingedeeltes hebben een te hoge GLG. Echter is het effect van de droogte van de afgelopen drie jaar hierin niet meegenomen. Het is dus onbekend wat de invloed van de droogte de afgelopen drie jaar is geweest op de GLG in het grote zeggemoeras. Er zijn wel gegevens beschikbaar van peilbuis 33G1199 in het grote zeggemoeras. In *bijlage LXXII* zijn de stijghoogtereeksen van het freatisch pakket weergegeven van de desbetreffende peilbuis. In deze meetreeksen zijn de stijghoogtes in m+ NAP vergeleken met de referentiewaarden van de associatie van scherpe zegge; Typische subassociatie. De stijghoogte fluctueert de laatste zes jaar sterk. In 2021 zakt de stijghoogte enigszins weg. In *bijlage LXXIII* is juist het tegenovergestelde te zien waarbij de stijghoogtes in vergelijking met de referentie van de GHG (zie *bijlage LXXIV*) vaak aan de lage kant zit. De relatief hoge stijghoogtes zijn ook goed waar te nemen in de duurlijnen waarbij de interpretatie duidt op een gedraineerd kwelgebied (zie *bijlage XXVII*).

Figuur 28 Vergelijking GLG (cm -mv) randvoorwaarden met grote zeggemoeras (Vergrootte versie zie *Bijlage LXXI*)

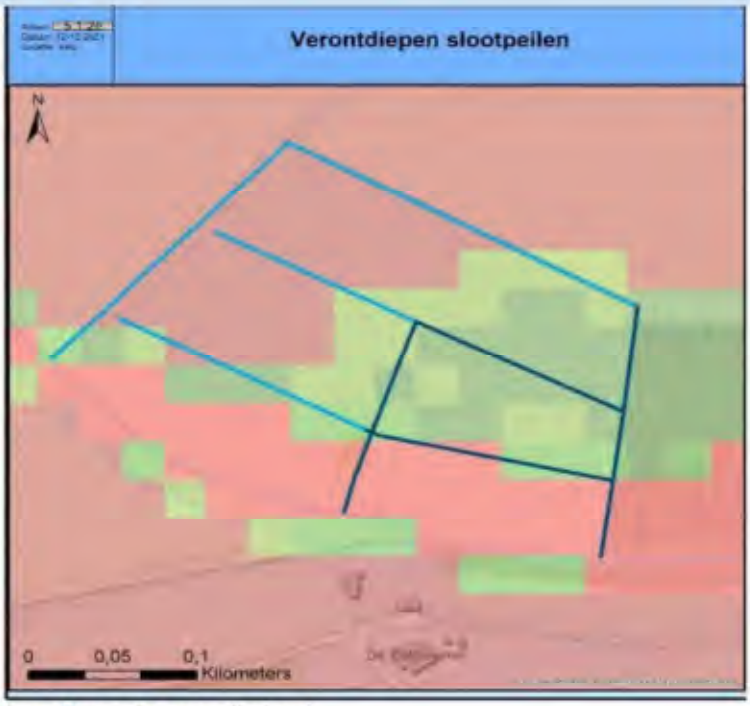
De peilbuis vertoont een netto afvoer. Hierdoor is het terreingedeelte minder robuust t.o.v. verdroging. Dit zou eventueel ook gevolgen kunnen hebben voor de kweldruk in het terrein. De kweldruk kan namelijk gaan afnemen wat ongunstig is voor het realisatietype grote zeggemoeras. Eventuele oorzaken zijn grondwateronttrekking in het tweede watervoerende pakket of de ligging van zandbanen in het gebied waarbij de peilbuis zich in zo'n zandbaan bevindt. Bij een lage waterstand in de IJssel en een hoge grondwaterstand in het grote zeggemoeras vindt er dus een stroom plaats richting de IJssel. Hierdoor zou het grote zeggemoeras kunnen verdrogen. Daarnaast zouden ingrepen die in het verleden hebben plaatsgevonden in het desbetreffende terreingedeelte eventueel zouden kunnen zorgen voor verdroging.

9 MAATREGELEN

In dit hoofdstuk worden enkele maatregelen uitgelicht die getroffen kunnen worden ten behoeve van het verbeteren van de grondwaterstanden. Daarnaast is de voorkeursvariant beschreven.

9.1 VERONDIEPEN VAN SLOTEN

In *Figuur 29* staat aangegeven welke watergangen worden aanbevolen om te worden verondiept. Het gaat om de watergangen in deelgebied 3. Het gaat hier om twee verschillende verontdiepingen, de verschillen zijn gemaakt aan de hand van de verschillen die overbrugd moeten worden ten aanzien van de abiotische randvoorwaarde van de GLG. Uit de analyseresultaten van het oppervlaktewater in het gebied blijkt dat het oppervlaktewater grotendeels bestaat uit regenwater, maar dat er daarnaast ook grondwater in zit. Dit betekent dat de sloten dus ook invloed zullen uitoefenen op de grondwaterstanden en daarmee kwel kunnen afvoeren.



Figuur 29: Locaties verontdiepingen

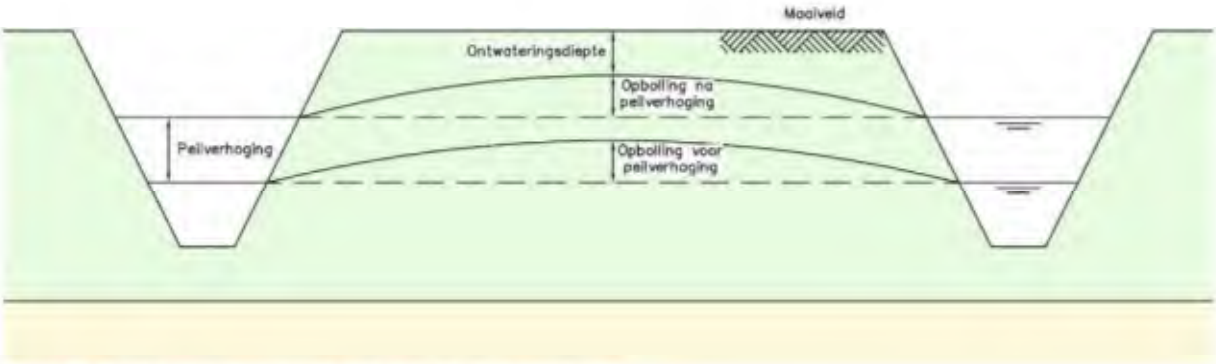
Door het verontdiepen van de verschillende sloten in het dotterbloemhooiland zullen de sloten minder diep in de ondergrond insnijden. Dit heeft als gevolg dat de drainagebasis van het dotterbloemhooiland verhoogd zal worden. Het verhogen van de drainagebasis zorgt ervoor dat er minder kwel vanuit de ondergrond naar de sloten zal worden afgevoerd.

In *Figuur 29* is te zien dat de sloten in het westelijke deel en de gehele noordelijke sloot een grotere verondieping zal moeten plaats vinden. Hiervoor is gekozen, omdat de GLG in het gebied meer dan 39 centimeter onder de randvoorwaarde voor het dotterbloemhooiland zit. De oostelijke sloten en de sloot die in het midden van het gebied van noord naar zuid loopt zal minder verondiept hoeven worden. Dit omdat de GLG in dit gebied al grotendeels voldoet aan de eisen die gesteld worden aan een dotterbloemhooiland. Daarnaast zal erdoor deels te verondiepen deze gedeelten van de sloten beter aansluiten op het gedeelte waar een grotere verondieping zal plaatsvinden. Het voordeel hiervan is dat er een betere gradiënt ontstaat tussen de twee verschillende gebieden.

9.2 LOKALE OPSTUWING OPPERVLAKTEWATER

Een manier om het grondwaterpeil in het gebied te verhogen, is het verhogen van het slootpeil doormiddel van het plaatsen van stuwen in de sloten in het gebied. In *Figuur 30* is een algemene schematische weergave van een afwatering met sloten weergegeven. Door het ophogen van het slootpeil zal de ontwateringsdiepte verkleinen. Ook zal de peilverhoging de verblijftijd van de kwel en het regenwater in het gebied verhogen.

Aan de hand van de GLG-referentiekaart voor het dotterbloemhooiland, zie *bijlage LXXI*, is te zien dat niet in het gehele gebied een ophoging gewenst is. De stuwen zullen dus ook niet bij de uitstroom naar de Olburgse laak en de afwatering van Rha worden geplaatst, maar dieper in het gebied. Met het plaatsen van een stuw, zal het waterpeil na de stuw lager komen te liggen. Om verdroging in de watergangen na de stuwen te beperken zullen tussenstuwen worden geplaatst tussen de hoofdstuwen en de uitstroom naar het omliggende water. De geplande stuwen zijn weergegeven in *bijlage LXXV*.
Voor een kleinschalige stuw zijn verschillende opties in materialen en werking mogelijk. De hoofdconstructie wordt vaak gemaakt van hout of metalen damwanden. Er kan eventueel ook worden gekeken naar een innovatieve en duurzame variant. Het stuwmechanisme kan worden uitgevoerd met schotbalken die handmatig moeten worden geplaatst of verwijderd om het peil te regelen. Een beweegbare stalen klep kan ook worden toegepast. Deze kan handmatig worden bediend, maar ook worden geautomatiseerd. Bij een stuw moet ook oever- en bodembescherming worden toegepast, om de integriteit van de sloot rond de stuw in stand te houden.
Afhankelijk van de stroomsnelheid van de sloot en het verval van de stuw, kan worden gekozen voor een oeverbescherming van gestort beton of prefab betonelementen. Voor een natuurlijkere uitstraling kan gebruik worden gemaakt van stortsteen als oever en bodembescherming.

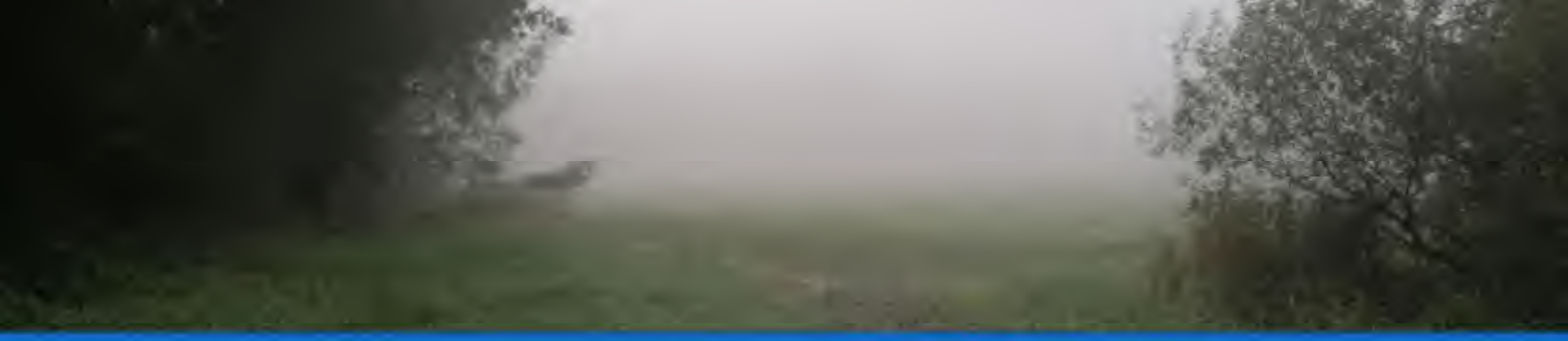


Figuur 30: Dwarsdoorsnede peilopzet sloot met opbolling grondwater

9.3 ADVIES

De voorkeursmaatregel betreft het verondiepen van de huidige slootbodems.

Het verondiepen van de slootbodems heeft diverse voordelen ten opzichte van het plaatsen van stuwen in de watergangen. Verondiepen past beter in de natuurlijke inrichting van het gebied. Het plaatsen van stuwen kan, afhankelijk van de gebruikte materialen en het stuwmechanisme, flink in de kosten lopen. Daarnaast kost het onderhouden van de stuwen en het afstellen van de gewenste stuwstanden meer tijd dan het eenmalig verondiepen van de sloten. Het verondiepen geeft wel minder controle over het waterpeil dan een systeem van stuwen. Echter heeft de peilopzet van de aanwezige stuw van het waterschap in de Olburgse laak al een positieve invloed op de waterstand in het gebied laten zien tijdens de droge jaren van 2019 en 2020.



10 CONCLUSIE, DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk is er antwoord gegeven op de hoofdvraag: *"Op welke manier kan het projectgebied de Prinsenmaat hydrologisch geoptimaliseerd worden ten behoeve van de ontwikkeling van het zeggemoeras en de dotterbloemhooilanden?"*. In *hoofdstuk 10.1* wordt de hoofdvraag aan de hand van de deelvragen beantwoord. Vervolgens worden in *hoofdstuk 10.2* de onzekerheden aangekaart. Aan de hand van de informatie in de koppen conclusie en discussie worden er in *hoofdstuk 10.3* een aantal aanbevelingen gedaan

10.1 CONCLUSIE

In deze paragraaf worden de deelvragen afzonderlijk van elkaar beantwoord. Vervolgens wordt er op basis van deze antwoorden de hoofdvraag beantwoord.

1. *Wat zijn de huidige sturende factoren van het projectgebied de Prinsenmaat?*

   De huidige sturende factoren in het projectgebied betreffen voornamelijk de hydrologische componenten. Het gaat hierbij om het grondwater dat als kwel in het projectgebied naar boven komt. En het oppervlaktewater dat stroomt door de watergangen in het projectgebied. Zowel waterkwaliteit als waterkwaliteit spelen een belangrijke rol in het projectgebied.

   Daarnaast zijn de dimensies (breedte en diepte) en het debiet van de watergangen in het projectgebied belangrijke sturende factoren.

2. *Wat zijn de juiste standplaatscondities voor de vegetatietypen grote zeggemoeras en dotterbloemhooiland?*

   In *tabel 17* staan de belangrijkste referentiewaarden weergegeven. Het gaat hier om de GHG en de GLG.

Tabel 17: Referentiewaarden van de voorkomende plantengemeenschappen in het projectgebied

Referentie representatieve plantengemeenschappen	Associatie van boterbloemen en waterkruiskruid	Associatie van scherpe zegge; Typische subassociatie
GHG_Wamelink	-8 tot 12 cm-mv	-19 tot 2 cm-mv
GLG_Wamelink	39 tot 65 cm-mv	22 tot 59 cm-mv
GLG_Waternood	40 tot 60 cm-mv	30 tot 60 cm-mv

3. *Hoe verhouden de sturende factoren van het projectgebied de Prinsenmaat zich tot elkaar?*

   De dimensie van de watergang is bepalend voor het debiet en voor het type water dat wordt afgevoerd. Wanneer de watergangen insnijden in een zandlaag kunnen deze basenrijk kwelwater uit het gebied afvoeren. Wanneer de watergang in de kleilaag snijdt zal de sloot voornamelijk basenarm regenwater afvoeren. Het debiet van de sloten is bepalend voor hoeveel grondwater of regenwater wordt afgevoerd gebeurt.

4. *Wat zijn de knelpunten binnen het projectgebied de Prinsenmaat?*

In deelgebieden 1 en 2 is de GLG te laag waardoor sprake is van te droge situaties voor de plantengemeenschap associatie van boterbloem en waterkruiskruid. Mogelijk kan hierdoor het dotterbloemhooiland zich niet goed ontwikkelen. Door de verdroging kan dit knelpunt komende jaren nog sterker worden.

Daarnaast zijn in het hele projectgebied verhoogde concentraties aan sulfaat aangetroffen in het grondwater. Het is onzeker of dit kan lijden tot interne eutrofiering en/of (bij reductie van sulfaat naar sulfide) giftige omstandigheden voor diverse plantensoorten. Dit onderwerp wordt in *hoofdstuk 10.2* verder besproken.

5. *Welke maatregelen kunnen er getroffen worden om de knelpunten binnen het projectgebied de Prinsenmaat op te lossen?*

    - Het plaatsen van stuwen in de watergangen van deelgebied 3 (zie *bijlage LXXV*).
    - De watergangen van deelgebied 3 verondiepen (zie *figuur 29*)

Hoofdvraag: *"Op welke manier kan het projectgebied de Prinsenmaat hydrologisch geoptimaliseerd worden ten behoeve van de ontwikkeling van het zeggemoeras en de dotterbloemhooilanden?"*.

Dit kan door de watergangen in deelgebied 3 te verondiepen. Door het verontdiepen van de verschillende sloten in het dotterbloemhooiland zullen de sloten minder diep in de ondergrond insnijden. Dit heeft als gevolg dat de drainagebasis van het dotterbloemhooiland verhoogd zal worden. Het verhogen van de drainagebasis zorgt ervoor dat er minder kwel vanuit de ondergrond naar de sloten zal worden afgevoerd. Dit zorgt voor zowel een beter waterkwantiteit (hogere grondwaterstand) als waterkwaliteit (meer bufferende stoffen). Hierdoor wordt het knelpunt verdroging opgelost.

Daarnaast kan gekozen worden op stuwen te plaatsen in de watergangen van het projectgebied. Door het ophogen van het slootpeil zal de ontwateringsdiepte verkleinen. Ook zal de peilverhoging de verblijftijd van de kwel en het regenwater in het gebied verhogen. Zo zal het knelpunt van verdroging worden opgelost.

10.2 DISCUSSIE

In deze paragraaf worden de onzekerheden van het project benoemd. Verder wordt beschreven in hoeverre deze onzekerheden invloed hebben op de validiteit en betrouwbaarheid van de conclusies die in dit rapport naar voren zijn gekomen.

Waterkwaliteit
De bemonstering van de grondwaterwatermonsters is niet volgens de officiële protocollen uitgevoerd. Dit heeft mogelijk invloed op de uitkomst van de analyses van de grondwatermonsters. Omdat de boorgaten waarin de peilbuis is geplaatst niet zijn afgesloten kan water door oppervlakkige afstroming in de peilbuis komen. Verwacht wordt dat de afwijking niet groot zal zijn, omdat er tijdens de periode dat de peilbuis in het veld heeft gestaan geen neerslag is gevallen. Er wordt dus verwacht dat de invloed hiervan niet significant is. Wel is rekening mee gehouden dat de resultaten van de grondwatermonsters op een wat atmotrofer karakter duiden, dan dat ze in werkelijk hebben.

Het natriumgehalte kon door een technische storing van de analyseapparatuur niet worden gemeten. Daarom is het natriumgehalte volgens de MAIONdP methode ingeschat. Deze inschatting is gedaan om de stiff diagrammen en MAION-diagrammen te maken. Verwacht wordt dat dit geen invloed heeft op de eindconclusies wat betreft de waterkwaliteit.

Er zijn te weinig gegevens beschikbaar om de hoeveelheid (beschikbare) nutriënten in de watermonsters te bepalen. De fosfaat, nitraat en ijzerconcentratie ontbreken om hierover een goede uitspraak te doen. Om hierover een goede uitspraak te doen, dienen deze drie parameters verspreid in het gebied gemeten te worden.

60258 0047

Hydrologie
De gebruikte GHG- en GLG-gegevens uit het Amigo grondwatermodel zijn gebaseerd op gegevens van 2009 tot en met 2016. Mogelijk is de grondwaterstand veranderd tussen 2016 en 2021. Dit is ook af te lezen aan de gegevens uit de Vitens peilbuizen. Uit deze peilbuizen blijkt dat het grondwaterpeil wat is gezakt de afgelopen jaren. Het is onzeker of dit overal het geval. Wel is aangenomen dat deze reeksen representatief zijn voor de GHG en GLG verloop voor de jaren na 2016. Het resultaat van deze meetreeksen is meegenomen bij het opstellen de maatregelen. Er is dus uitgegaan van gezakte GHG en GLG in 2021 ten opzichte van 2016. Er is daarom uitgegaan van lagere GLG en GHG waarden in 2016 voor het jaar 2021.

Vegetatie
Bij de definitie van de vegetatietypen zijn oude vegetatiekarteringen gebruikt. Mogelijk wijken deze af met de huidige situatie. Omdat bij het opstellen van de maatregelen alleen de huidige abiotische parameters (grondwaterstand, bodemtype etc.) zijn vergeleken met abiotische randvoorwaarden van de doeltypen heeft deze (mogelijke) afwijking geen invloed op het eindresultaat. De oude vegetatiekaarten zijn alleen gebruikt om een indicatie te krijgen van de huidige omstandigheden in het projectgebied. Niet als referentie voor het bepalen van de maatregelen.

Ontbrekende gegevens watergangen
Door het ontbreken van gegevens in de watergangen in deelgebied 3 kan niet worden vastgesteld of de watergangen in een zand laag insnijden. Dit is zeer bepalend voor het type water dat de watergangen afvoeren vanuit het projectgebied. Mocht het zijn dat de watergangen insnijden in een zandlaag, dan voert de watergang mogelijk kwelwater af vanuit deelgebied 3 naar omliggende gebieden.

De stiff-diagrammen geven aan dat in de watergangen van deelgebied 3 sprake is van mengwater tussen regen- en grondwater. Het vermoeden is daarom dat de watergangen (gedeeltelijk) in een zandlaag snijden waardoor kwelwater in de watergangen kan toetreden. Alleen kan dit niet op basis van alleen deze gegevens worden vastgesteld.

Verder is de stromingsrichting van de watergangen niet bepaald. Binnen dit rapport zijn hierover aannames gedaan op basis van de AHN kaart. Het is onwaarschijnlijk dat het water loopt van laag gelegen delen naar hoog gelegen delen. Daarom kan er van worden uitgegaan dat de aannames in de realiteit zo zijn.

10.3 AANBEVELINGEN

De aanbevelingen in deze paragraaf zijn gebaseerd op de twee voorgaande paragrafen *10.1 en 10.2*.

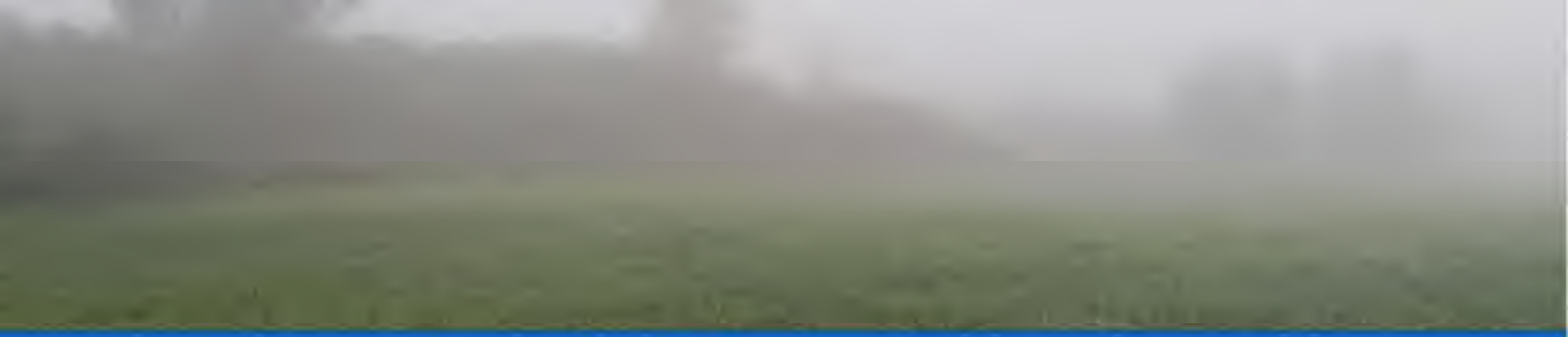
Dwarsprofielen en watergangdiepten
In *paragraaf 9.3* wordt aanbevolen om gedeelten van de watergangen in deelgebied 3 te verondiepen. Omdat de bodemhoogten van de watergangen onbekend zijn wordt aanbevolen om de veldmetingen die zijn verricht op 22 december 2021 nader uit te werken. Het gaat hierbij om watergangdiepten en dwarsprofielen van de watergangen. Daarnaast zijn ook de hoogten (ten opzichte van NAP) van de grondboringen bepaald. Op basis van deze gegevens, zal er gekeken moeten worden, of en in welke mate er sprake is van insnijding van de sloten in het zandpakket. Dit dient gedaan te worden zodat er een betere inschatting gemaakt kan worden over de invloed van de sloten op het onttrekken van kwel uit de ondergrond. Op basis hiervan kan een inschatting gemaakt worden van de mate waarin de sloten verondiept dienen te worden.

Waterkwaliteit
Het is onbekend of de verhoogde sulfaatconcentraties in en grondwater een knelpunt vormen voor de realisatie van een goed ontwikkeld dotterbloemhooiland vegetatie in deelgebied 3. Om dit te kunnen bepalen moeten meer gegevens worden bepaald. Het gaat hier om het fosfaatgehalte [PO_4^{3-}], het ijzergehalte [Fe] en het nitraatgehalte [NO_3^-]. Ook wordt aanbevolen om het sulfaatgehalte [SO_4^{2-}] opnieuw te bepalen. Dit is omdat dan alle concentraties van de parameters in dezelfde omstandigheden worden bepaald. Op basis van deze gegevens kan worden bepaald of er in het projectgebied sprake is van interne eutrofiering. Aanbevolen wordt om deze gegevens minstens eenmaal per deelgebied te bepalen.
Daarnaast kan aan de hand van de nitraat, sulfaat en ijzergegevens worden ingeschat of er sprake is van te hoge sulfide gehalten voor planten. Om dit goed te kunnen bepalen moet ook worden onderzocht in welke

mate planten een bepaalde sulfide concentratie kunnen verdragen. Daarom wordt aanbevolen om een referentiewaarde voor sulfide te bepalen.

Invloed IJssel

Het is mogelijk dat bij lage waterstanden in de IJssel er water vanuit het projectgebied door deze rivier onttrokken wordt. Het is niet bekend of hiervan sprake is. Aanbevolen wordt om dit te gaan onderzoeken. Dit kan door de waterstanden van de IJssel uit te zetten tegen de waterstanden in de twee peilbuizen in het projectgebied. Als er sprake is van een verband dan onttrekt de IJssel water van het projectgebied.



LITERATUUR

Archief Staatsbosbeheer regio Gelderland. (1985-1986). *Het aankopen van percelen, kadastraal bekend gemeente Steenderen, sectie B, nummers 75 en 341 en sectie N, nummer 768 van de Stichting Beheer Landbouwgronden te Utrecht, 1985-1986. omslag*. Opgeroepen op 11 11, 2021, van Gelders archief: https://www.geldersarchief.nl/bronnen/archieven?mivast=37&mizig=210&miadt=37&miaet=1&micode=3269&minr=50720227&miview=inv2&milang=nl

Baaijens, G., Grootjans, A., Jansen, A., & van der Molen, P. (2010). *Landschapsecologische Systeemanalyse.* Opgeroepen op 23 09, 2021, van https://edepot.wur.nl/345262

Bakker, N., Klasberg, M., & Ozinga, W. (1997). *Vegetatiekarteringen in de regio Veluw-Achterhoek 1996.* Assen: Buro Bakker.

Bongers, G. (2021). similariteit3-3met macro en diagram-met temp correc voor egv. Opgeroepen op 11 2021

Bouwman, J., Nijssen, M., Beije, H., Groenendijk, D., Bal, D., & Smits, N. (zd). *Herstelstrategie Grote-zeggenmoeras (leefgebied 5).* Opgeroepen op 23 09, 2021, van https://www.natura2000.nl/sites/default/files/PAS/Herstelstrategieen/Deel%20II-2/LG_05%20Grote%20zeggenmoeras.pdf

Geologische Dienst Nederland. (z.d.). *Grondwaterstanden in beeld*. Opgeroepen op 30 10, 2021, van https://www.grondwatertools.nl/grondwatertools-viewer

Ingberg, H., Japink, M., & Leusink, L. (2012). *Vegetatie- en plantensoortenkartering regio oost 2011.* Culemborg: Bureau Waardenburg.

Janssen, J., Schaminée, J., & van Loon, H. (zd). *2.2 Hoe maak je een vegetatieopname?* Opgeroepen op 24 09, 2021, van https://wiki.groenkennisnet.nl/pages/viewpage.action?pageId=32965242

Jongmans, A., van den Berg, M., Sonneveld, M., Peek, G., & van den Berg van Saparoea, R. (2015). *Landschappen van Nederland geologie, bodem en landgebruik.* Wageningen: Wageningen acedemic publishers.

Kadaster. (z.d.). *Topotijdreis*. Opgeroepen op 11 11, 2021, van https://www.topotijdreis.nl/

Kadaster, K. v. (1811-1832). Oorspronkelijke aanwijzende tafel der grond-eigenaren en der ongebouwde en gebouwde vaste eigendommen. *N*, 016. Zutphen, Gelderland. Opgeroepen op 11 11, 2021, van https://beeldbank.cultureelerfgoed.nl/rce-mediabank/detail/ec76fea4-94d7-11e5-ba92-2fc434660a31/media/2e0db2e7-048e-0467-ae25-a271bcbbaa3b?mode=detail&view=horizontal&q=steenderen&rows=1&page=232&fq%5B%5D=search_s_entity_name:%22Kadastrale%20kaarten%22&so

60258 0047

kadaster, K. v. (1811-1832). Oorspronkelijke aanwijzende tafel der grond-eigenaren en der ongebouwde en gebouwde waste eigendommen. *N*, 015. Zutphen, Gelderland. Opgeroepen op 11 11, 2021, van https://beeldbank.cultureelerfgoed.nl/rce-mediabank/detail/ec76ef4a-94d7-11e5-ba82-036b10c2ba27/media/aca04350-8007-2da7-47e0-c332a79bbacc?mode=detail&view=horizontal&q=steenderen&rows=1&page=224&fq%5B%5D=search_s_entity_name:%22Kadastrale%20kaarten%22&so

Klein Tank, A., Beersma, J., Bessembinder, J., Van den Hurk, B., & Lenderink, G. (2015). KNMI'14 klimaatscenario's voor Nederland. Utrecht. Opgeroepen op 15 11, 2021, van https://knmi.sitearchief.nl/?subsite=klimaatscenarios#archive

Klimaateffectatlas. (zd). *Zomers worden droger*. Opgeroepen op 15 11, 2021, van https://cas-platform.com/kea/het-wordt-droger-tool/

Klimaateffectatlas. (zd). *Zomers worden extremer*. Opgeroepen op 15 11, 2021, van https://cas-platform.com/kea/het-wordt-natter-tool/

Klimaateffectatlas. (zd). *Zomers worden warmer*. Opgeroepen op 15 11, 2021, van https://cas-platform.com/kea/het-wordt-heter-tool/

Knaap, J. (sd). Kadastrale kaart 1811-1832: minuutplan Steenderen. *Derde blad van de sectie N genaamd de Emmer in drie bladen, N*. Zutphen, Gelderland. Opgeroepen op 11 11, 2021, van https://beeldbank.cultureelerfgoed.nl/rce-mediabank/detail/a7606e54-94d7-11e5-a59d-4b58173eea11/media/e2f4ed30-19ff-0cc8-03a7-62047aac81de?mode=detail&view=horizontal&q=steenderen&rows=1&page=314&fq%5B%5D=search_s_entity_name:%22Kadastrale%20kaarten%22&so

KNMI. (sd). *Jaar- en maandoverzicht van het weer in Nederland*, 2016, 2017, 2018, 2019 en 2020. Opgeroepen op 6 11, 2021, van KNMI.nl: https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/gegevens/mow

KNMI. (zd). *Klimaatviewer*. Opgeroepen op 6 11, 2021, van https://www.knmi.nl/klimaat-viewer

Kraaijvanger, R. (zd). Powerpoint Rivierlandschappen.

Maas, G. J., van der Meij, W., & Delft, S. P. (2019). *Toelichting op de legenda*. (Wageningen Environmental Research) Opgeroepen op 11 2021, van Legendageomorfologie: https://legendageomorfologie.wur.nl/#VormGCR

Ministerie van LNV. (2014). *Leeswijzer Natura 2000 profielen.* Den Haag: Ministerie van economische zaken.

OBN. (zd). *Landschapsecologische-systeemanalyse*. Opgeroepen op 20 9, 2021, van natuurkennis: https://www.natuurkennis.nl/thema-s/Landschapsecologische-systeemanalyse/lesa/lesa/

Organisatie voor Toegepast-natuurwetenschappelijk Onderzoek. (zd). *ondergrondmodellen*. Opgeroepen op 11 2021, van www.dinoloket.nl: https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen

RIVM. (2008). *De kwaliteit van ondiep en middeldiep grondwater in Nederland.* Opgeroepen op 12 2021, van https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/680721005.pdf

SIKB. (2018). *Protcol 2001 Het plaatsen van handboringen en peilbuizen, maken van boorbeschrijvingen nemen van grondmonsters en waterpassen.* CCvD. Opgeroepen op 30 09, 2021, van https://www.sikb.nl/doc/BRL2000/Protocol_2001_v6_0_20180201.pdf

SIKB. (2018). *Protcol 2002 Het nemen van grondwatermonsters.* CCvD. Opgeroepen op 30 09, 2021, van https://www.sikb.nl/doc/BRL2000/Protocol_2002_v6_0_20180201.pdf

Smit, H. (2018). *Invloed parkeerkelder op grondwaterstroom.* Rotterdam: Rho. Opgeroepen op 11 22, 2021, van https://www.planviewer.nl/imro/files/NL.IMRO.1621.BP0198-VONT/b_NL.IMRO.1621.BP0198-VONT_tb2.pdf

Stiboka. (1979). Bodemkaart van Nederland schaal 1:50.000. Nederland: Stichting voor bodemkartering.

Stichting Landschapsbeheer Gelderland. (z.d.). *Kaartviewer Gelders Natuurnetwerk*. Opgeroepen op 23 09, 2021, van https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=a01fc4e9da1248f8ae24b6378444ab26

Synbiosys. (zd). Associatie van boterbloemen en waterkruiskruid. *(Alterra)*.

ten Cate , J., & Maarleveld , G. (1977). *Geomorfologische kaart van Nederland schaal 1:50.000 toelichting op legenda.* Wageningen: Stichting voor Bodemkartering. Opgeroepen op 11 2021, van https://landschapsleutel.wur.nl/documentatie/GKN%20Toelichting.pdf

TNO-GDN. (2021). *Formatie van Kreftenheye*. (S. N. Nederland, Producent, & TNO – Geologische Dienst Nederland) Opgeroepen op 11 22, 2021, van www.dinoloket.nl: http://www.dinoloket.nl/stratigrafische-nomenclator/formatie-van-kreftenheye.

TNO-GDN. (2021). *Formatie van Boxtel*. (S. N. Nederland, Producent, & TNO – Geologische Dienst Nederland) Opgeroepen op 11 22, 2021, van https://www.dinoloket.nl/: http://www.dinoloket.nl/stratigrafische-nomenclator/formatie-van-boxtel

Van Belle, De Graaf, & Van Loon. (zd). *Landschapsecologische-systeemanalyse*. Opgeroepen op 20 9, 2021, van www.natuurkennis.nl: https://www.natuurkennis.nl/thema-s/Landschapsecologische-systeemanalyse/lesa/lesa/

Van Beusekom, C., Farjon, J., Foekema, F., Lammers, B., de Molenaar, J., & Zeeman, W. (1990). *Handboek grondwaterbeheer voor natuur, bos en landschap.* Opgeroepen op 17 11, 2021

Van Dam, H., & Van Apeldoorn, R. (1978). De droogte van 1976 en de natuur in Nederland. *H20*, 278-281. Opgeroepen op 23 09, 2021

Van Loon, H. (zd). Powerpoint presentatie Beekdalen. Opgeroepen op 10 11, 2021

Vitens Lizard. (z.d.). Opgeroepen op 15 11, 2021, van https://vitens.lizard.net/viewer/nl/map/topography,assetgroup$9c2d7b6,wmslayer$bd6b024/point/6.151571,52.048954/@52.0545,6.1790,14/Mar,26,2015-Jun,16,2021

Wageningen university. (2010). Dotterbloemhooilanden. *Doelgericht natuurbeheer: bevordering natuurkwaliteit door kennisuitwisseling*. Wageningen, Gelderland, Nederland: Wageningen university. Opgeroepen op 23 09, 2021

Waterschap Rijn en IJssel. (2021). Stuw JF Oltmanstraat vanaf 2018. Opgeroepen op 18 11, 2021

Wirdum, G. v. (1991). Vegetation and Hydrology of Floating Rich-Fens. *(Datawyse)*. Maastricht, Limburg, Nederland. Opgeroepen op 2021

60258 0047

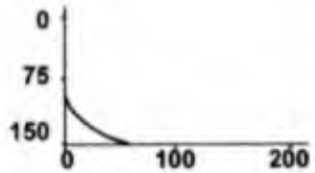
Witte, J., van EK, R., Runhaar, J., & van den Eertwegh, G. (2019). Verdroging van de Nederlandse natuur: bijna een halve eeuw goed onderzoek en falende politiek. *Stromingen*, 1-12. Opgeroepen op 23 09, 2021

60258 0047

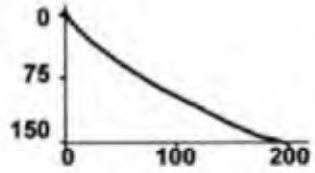
BIJLAGEN

Zes hydrologisch onderscheiden gebieden

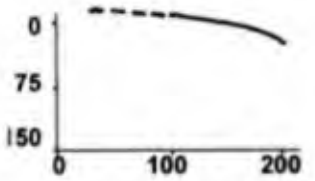
Bij een duurlijn is de grondwaterstand (verticale as) uitgezet tegen het aantal dagen of maanden dat deze wordt overschreden (horizontale as). Op landschapsniveau zijn zes hydrologische gebieden te onderscheiden met elk een kenmerkende duurlijn (Van Beusekom e.a., 1990):



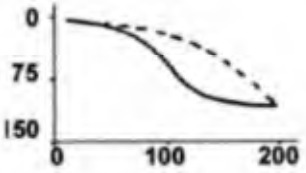
Wegzijgingsgebied met diepe grondwaterstand: de duurlijn heeft een holle vorm. De grondwaterstand begint relatief diep onder maaiveld en zakt in de loop van het droge seizoen dieper weg. Kenmerkende grondwatertrap: VII.



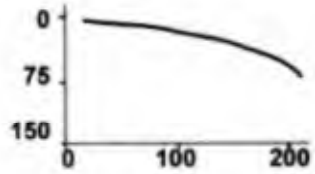
Randzone wegzijgingsgebied: de duurlijn heeft een lineair / holle vorm. De grondwaterstand komt korte tijd nabij maaiveld voor, maar zakt buiten het natte seizoen snel. Kenmerkende grondwatertrap: V, VI.



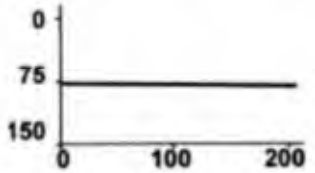
Kwelgebied: de duurlijn heeft een bolle vorm. Dit wijst op een continue toestroming van grondwater; met name in de winter en het voorjaar. In de loop van het droge seizoen daalt de grondwaterstand vanwege de afname van de grondwaterpotentiaal. Kenmerkende grondwatertrap: I, II, III (afhankelijk van de kweldruk)



Kwelgebied gedraineerd: de duurlijn heeft kenmerken van de randzone wegzijgingsgebied en kwelgebied. In de natte periode is er een ondiepe grondwaterstand, maar deze wordt door ontwatering verlaagd. Afhankelijk van de mate van ontwatering (waterpeil en ontwateringsintensiteit) is dit type kenmerkend voor grondwatertrap III, V en mogelijk VI.



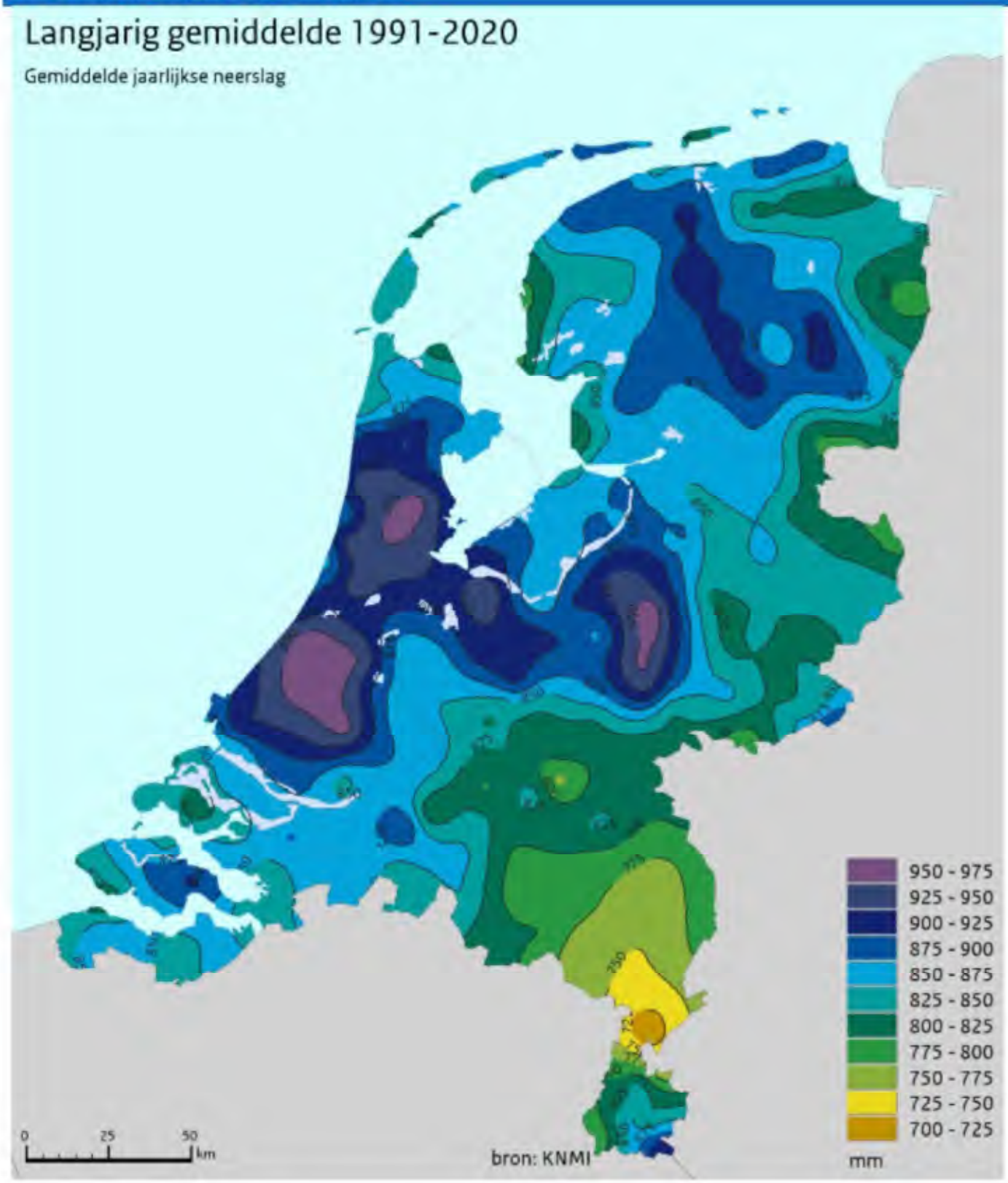
Hydrologisch geïsoleerd gebied: de duurlijn heeft een licht bolle vorm. Waterafvoer via de ondergrond of waterlopen doet zich vrijwel niet voor. Er is alleen verlies door verdamping. Kenmerkende grondwatertrap: I, II;



Poldergebieden: de duurlijn heeft een min of meer gelijkmatig verloop door een kunstmatig peilbeheer. Kenmerkende grondwatertrap: IV. In droge perioden kan er vanwege onvoldoende wateraanvoer sprake zijn van een daling van de grondwaterstand. Kenmerkende grondwatertrap: V.

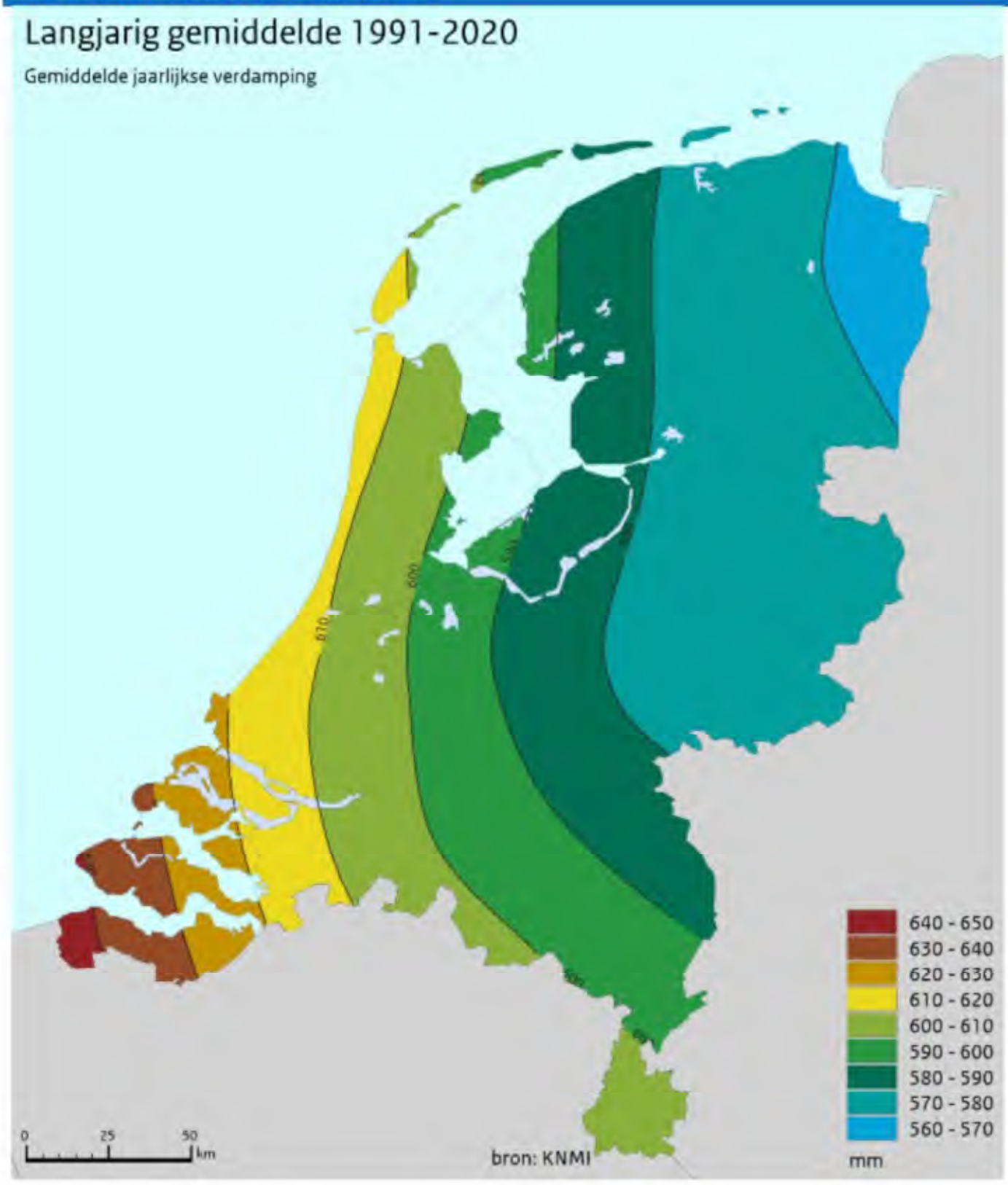
Langjarig gemiddelde 1991-2020

Gemiddelde jaarlijkse neerslag



Langjarig gemiddelde 1991-2020

Gemiddelde jaarlijkse verdamping

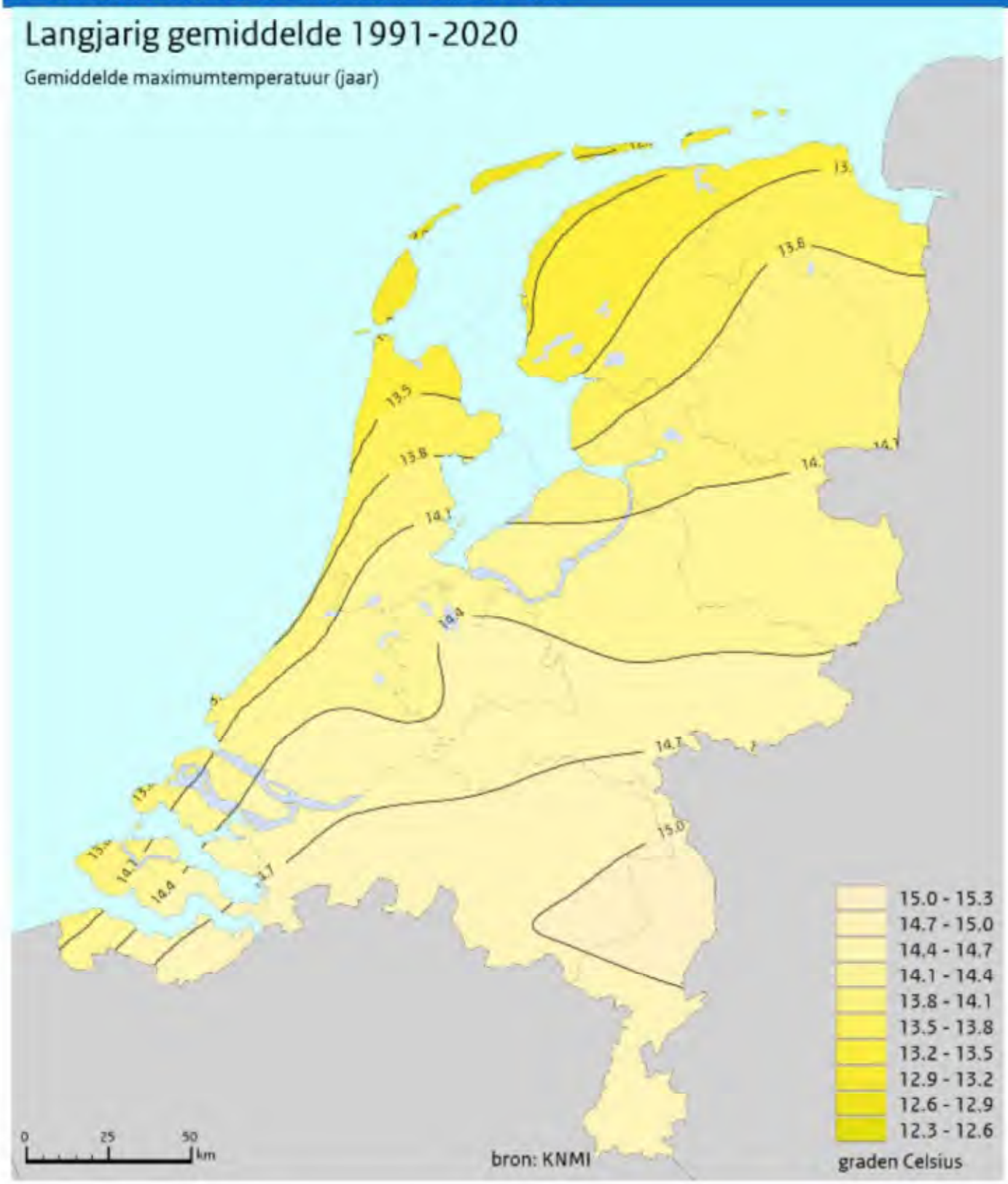


Langjarig gemiddelde 1991-2020

Gemiddelde jaartemperatuur

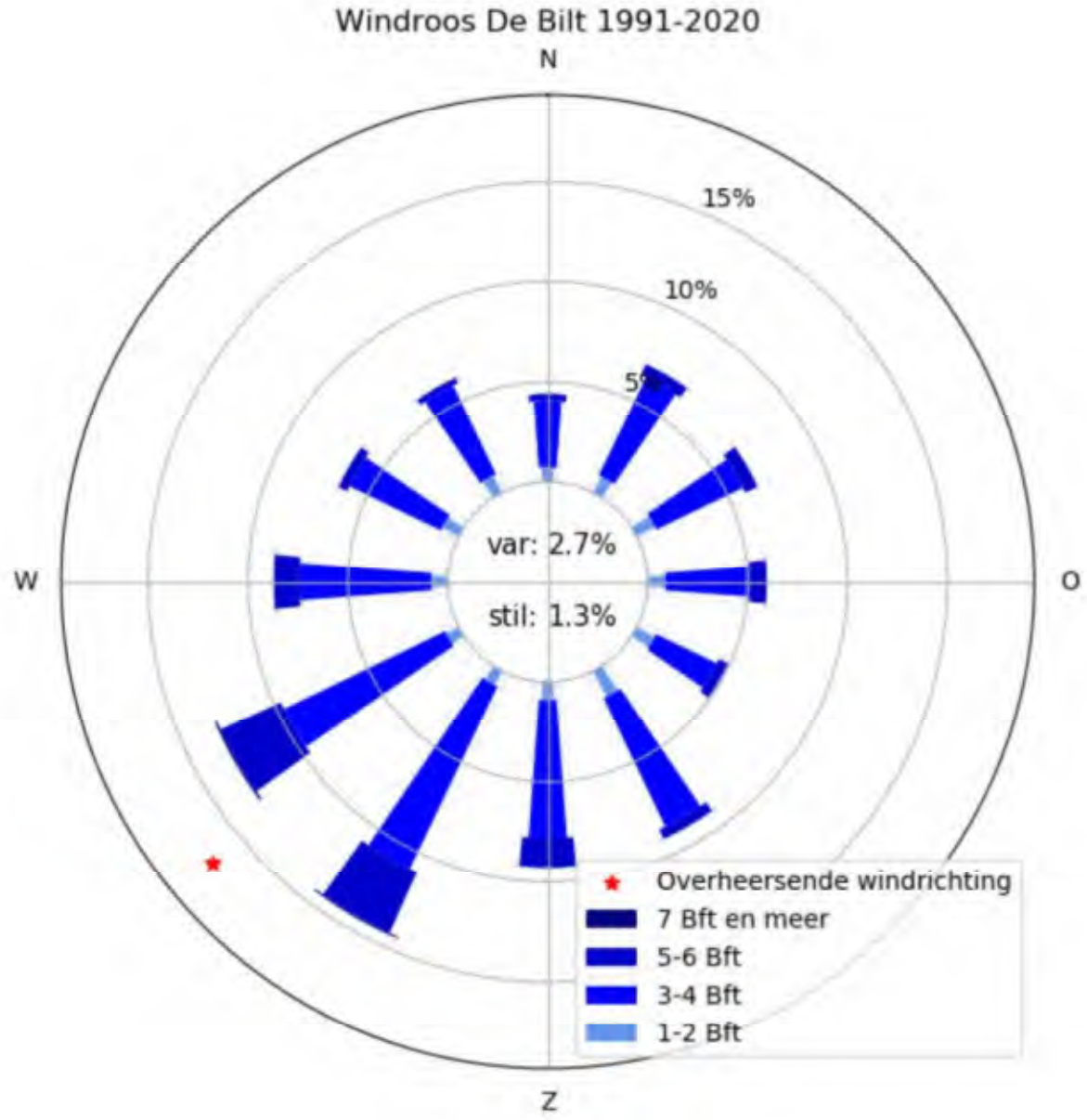
Langjarig gemiddelde 1991-2020

Gemiddelde maximumtemperatuur (jaar)

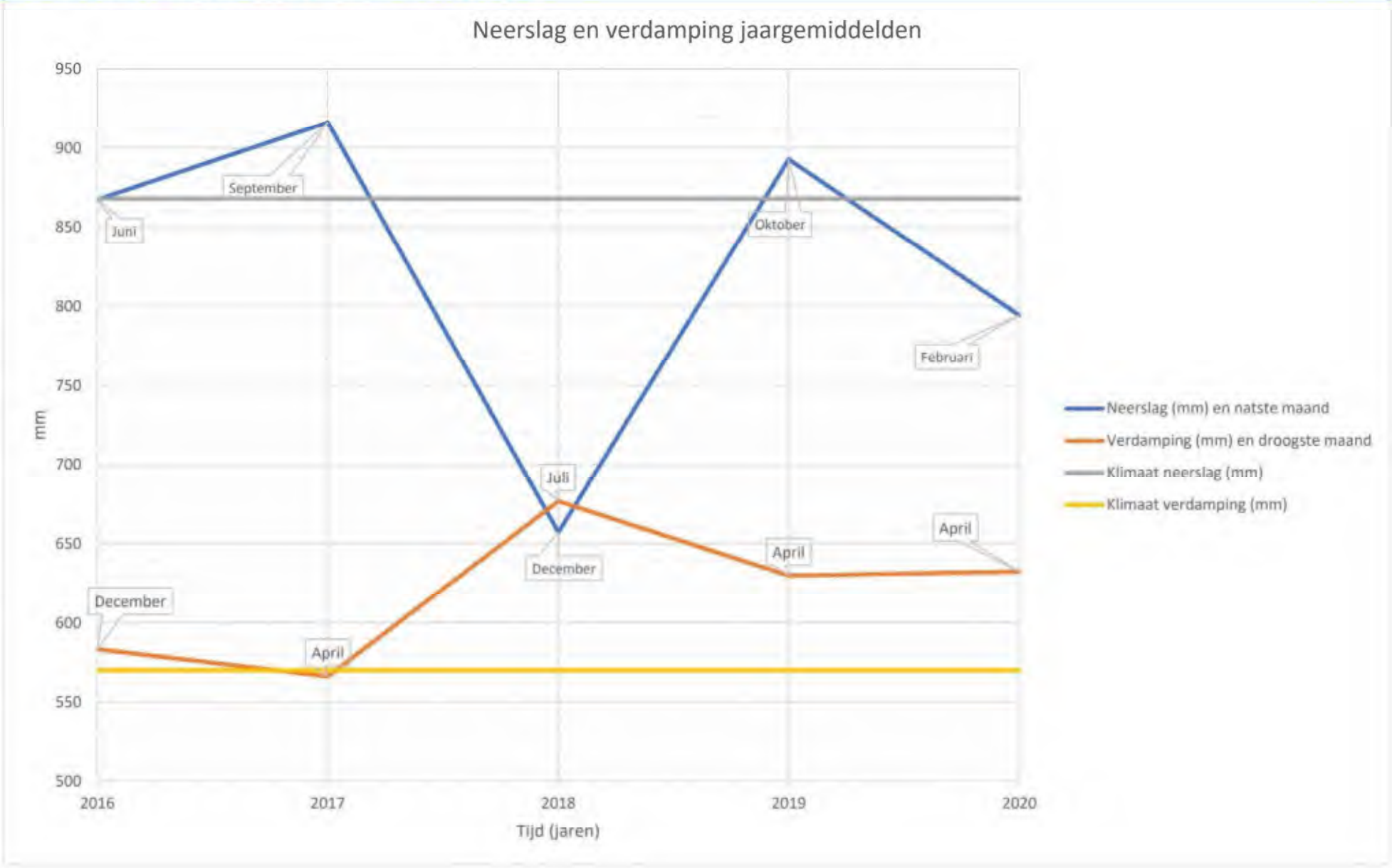


Langjarig gemiddelde 1991-2020

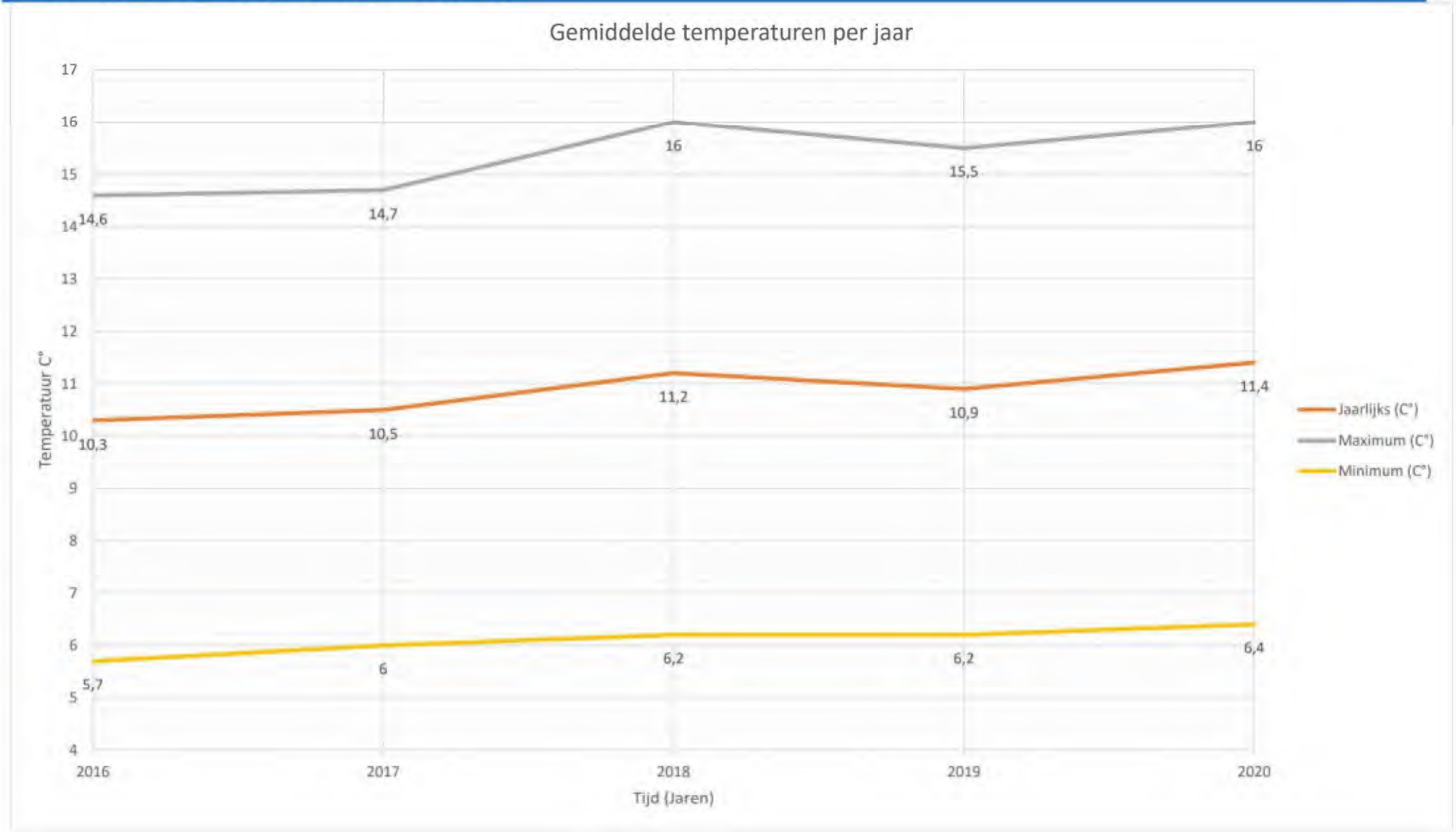
Gemiddelde minimumtemperatuur (jaar)


Windroos De Bilt 1991-2020
N
15%
10%
5%
var: 2.7%
stil: 1.3%
W
O
Z
Overheersende windrichting
7 Bft en meer
5-6 Bft
3-4 Bft
1-2 Bft

VIII. GRAFIEK NEERSLAG EN VERDAMPING 2016-2020



IX. GRAFIEK GEMIDDELDE TEMPERATUREN 2016-2020



X. KLIMAATVERANDERING PER SCENARIO VOOR 2050 EN 2085

Variabele	Indicator	Klimaat 1981-2010	Scenario veranderingen voor het klimaat rond 2050				Scenario veranderingen voor het klimaat rond 2085				Natuurlijke variaties gemiddeld over 30 jaar
			G_L	G_H	W_L	W_H	G_L	G_H	W_L	W_H	
Wereldwijde temperatuurstijging:			+1 °C	+1 °C	+2 °C	+2 °C	+1,5 °C	+1,5 °C	+3,5 °C	+3,5 °C	
Verandering in luchtstromingspatroon:			lage waarde	hoge waarde	lage waarde	hoge waarde	lage waarde	hoge waarde	lage waarde	hoge waarde	
Zeespiegel bij Noordzeekust	absolute niveau	3 cm boven NAP	+15 tot +30 cm	+15 tot +30 cm	+20 tot +40 cm	+20 tot +40 cm	+25 tot +60 cm	+25 tot +60 cm	+45 tot +80 cm	+45 tot +80 cm	±1,4 cm
	tempo van verandering	2,0 mm/jr.	+1 tot +5,5 mm/jr.	+1 tot +5,5 mm/jr.	+3,5 tot +7,5 mm/jr.	+3,5 tot +7,5 mm/jr.	+1 tot +7,5 mm/jr.	+1 tot +7,5 mm/jr.	+4 tot +10,5 mm/jr.	+4 tot +10,5 mm/jr.	±1,4 mm/jr.
Temperatuur	gemiddelde	10,1 °C	+1,0 °C	+1,4 °C	+2,0 °C	+2,3 °C	+1,3 °C	+1,7 °C	+2,8 °C	+3,7 °C	±0,16 °C
Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	851 mm	+4 %	+2,5 %	+5,5 %	+5 %	+5 %	+5 %	+6 %	+7 %	±4,2 %
Zonnestraling	zonne-straling	354 kJ/cm²	+0,6 %	+1,6 %	-0,8 %	+1,2 %	-0,5 %	+1,1 %	-0,8 %	+1,4 %	±1,6 %

XI. VERWACHTING GEMIDDELDE HOEVEELHEID NEERSLAG 2050 EN 2085

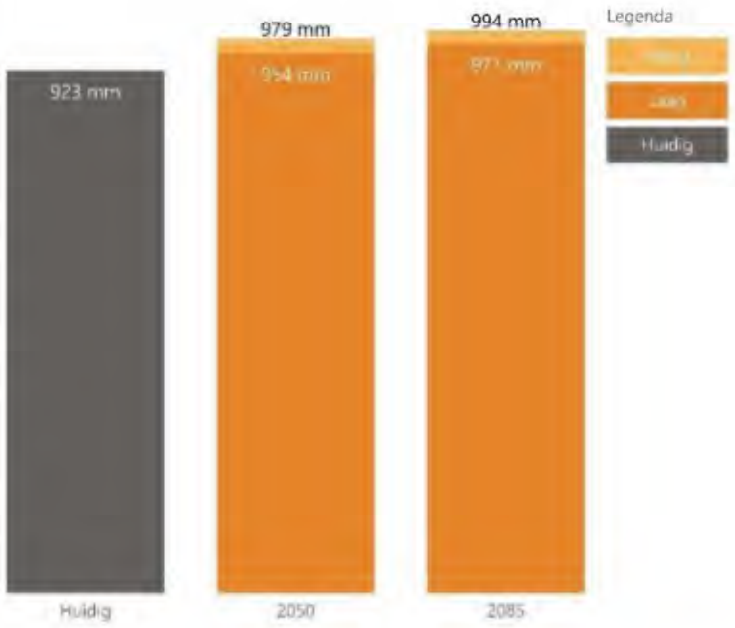
Zomers worden extremer

- Dagelijkse hoeveelheid die eens per 10 jaar wordt overschreden
- Dagelijkse hoeveelheid die eens per 100 jaar wordt overschreden
- Frequentie van neerslag die nu eens in de 10 jaar voorkomt
- Frequentie van neerslag die nu eens in de 100 jaar voorkomt
- Uureerslag die eens per 10 jaar wordt overschreden
- Uureerslag die eens per 50 jaar wordt overschreden
- Uureerslag die eens per 250 jaar wordt overschreden

Winters worden natter

- Gemiddelde hoeveelheid neerslag in de winter
- 10-daagse neerslag die eens per 10 jaar wordt overschreden
- 10-daagse neerslag die eens per 100 jaar wordt overschreden
- Aantal dagen boven 15 mm neerslag
- Aantal dagen boven 25 mm neerslag
- Gemiddelde hoeveelheid neerslag per jaar

Gemiddelde hoeveelheid neerslag per jaar bij Deelen



Selecteer een weerstation op de kaart

Toelichting

De grafieken tonen de gemiddelde hoeveelheid neerslag per jaar in het huidige klimaat (1981-2010) en voor het klimaat rond 2050 en 2085 (waarden voor het laagste (GL) en hoogste (WH) KNMI'14 klimaatscenario). De gemiddelde hoeveelheid neerslag per jaar neemt overal in Nederland in alle klimaatscenario's toe. De toename komt vooral voor rekening van de neerslag in de winter, herfst en lente. De toename wordt met name veroorzaakt doordat warmere lucht in het opgewarmde klimaat meer waterdamp kan bevatten.

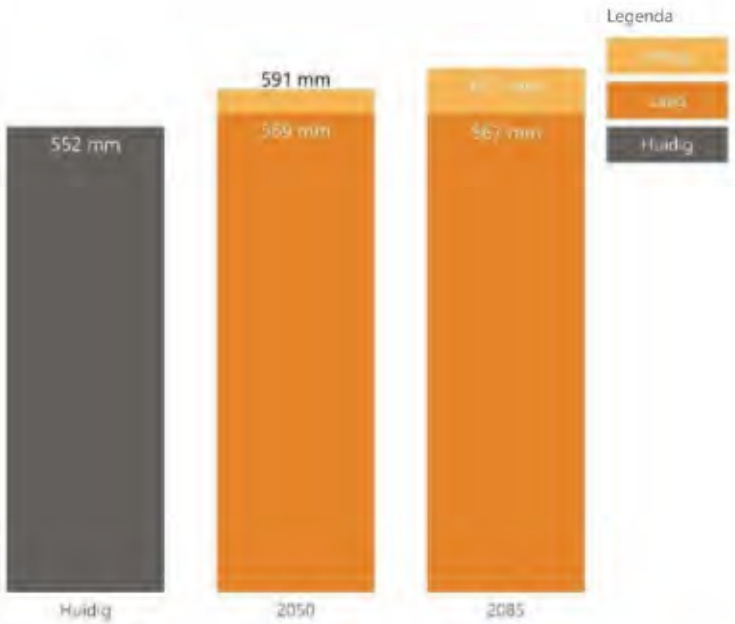
Figure 1 https://cas-platform.com/kea/het-wordt-natter-tool/

XII. VERWACHTE JAARLIJKSE VERDAMPING 2050 EN 2085

Zomers worden droger

- Gemiddelde hoeveelheid neerslag in de zomer
- Aantal opeenvolgende droge dagen
- Mediane neerslagtekort in de zomer
- Neerslagtekort dat eens per 10 jaar voorkomt
- Jaarlijkse referentieverdamping

Jaarlijkse referentieverdamping bij Deelen



Selecteer een weerstation op de kaart

Toelichting

De grafieken tonen de jaarlijkse referentieverdamping (volgens Makkink) in het huidige klimaat (1981-2010) en voor het klimaat rond 2050 en 2085 (waarden voor het laagste en hoogste KNMI'14 klimaatscenario). De referentieverdamping staat voor de potentiële verdamping van een gezond en goed van water voorzien grasland en wordt berekend uit de zonnestraling en de temperatuur. De referentieverdamping geeft een maat om de waterbehoefte van gewassen te bepalen. In de toekomst zal de jaarlijkse referentieverdamping en dus de potentiële waterbehoefte toenemen.

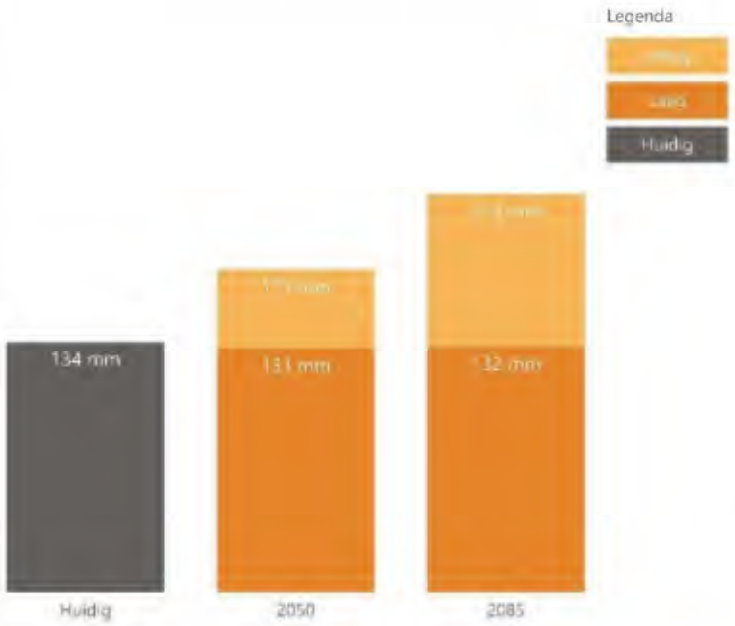
Figure 2 https://cas-platform.com/kea/het-wordt-droger-tool/

XIII. VERWACHTE JAARLIJKSE NEERSLAGTEKORT 2050 EN 2085

Zomers worden droger

- Gemiddelde hoeveelheid neerslag in de zomer
- Aantal opeenvolgende droge dagen
- Mediane neerslagtekort in de zomer
- Neerslagtekort dat eens per 10 jaar voorkomt
- Jaarlijkse referentieverdamping

Mediane neerslagtekort per jaar bij Deelen



Selecteer een weerstation op de kaart

Toelichting

De grafieken tonen het mediane neerslagtekort in de zomer in het huidige klimaat (1981-2010) en voor het klimaat rond 2050 en 2085 (waarden voor het laagste en hoogste KNMI'14 klimaatscenario). Het neerslagtekort wordt gebruikt als een maat voor droogte. Als gedurende het groeiseizoen (1 april tot 30 september) de referentieverdamping hoger is dan de neerslag, is er onvoldoende vocht beschikbaar voor optimale groei. We spreken dan van een neerslagtekort. In de toekomst zal het gemiddelde neerslagtekort in sommige KNMI'14 klimaatscenario's toenemen. In de lente en de vroege zomer is het in de kustregio's vaak minder bewolkt dan meer landinwaarts. Het gevolg is dat er aan de kust vaak wat minder neerslag valt en dat de zonnestraling en verdamping er hoger zijn. Dit leidt tot een groter neerslagtekort aan de kust.

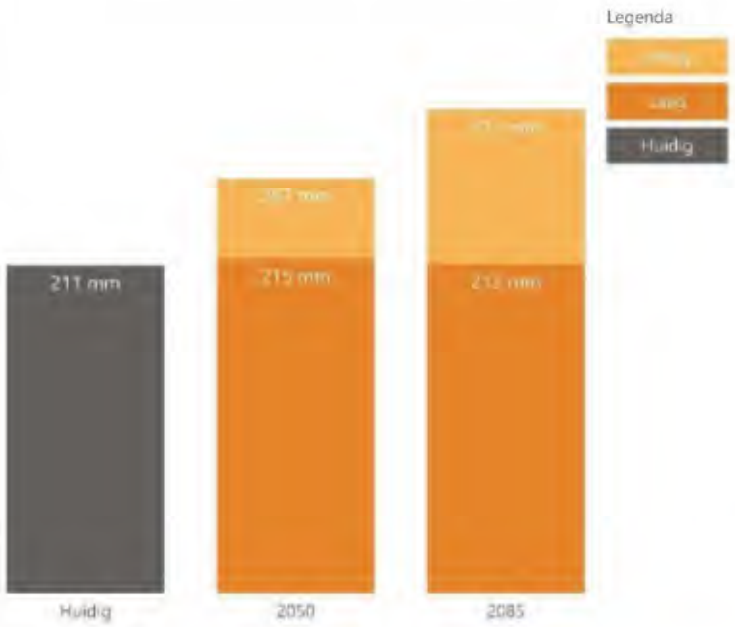
Figure 3 https://cas-platform.com/kea/het-wordt-droger-tool/

XIV. VERWACHTE NEERSLAGTEKORT EENS PER 10 JAAR 2050 EN 2085

Zomers worden droger

- Gemiddelde hoeveelheid neerslag in de zomer
- Aantal opeenvolgende droge dagen
- Mediane neerslagtekort in de zomer
- Neerslagtekort dat eens per 10 jaar voorkomt
- Jaarlijkse referentieverdamping

Neerslagtekort dat eens per 10 jaar voorkomt bij Deelen



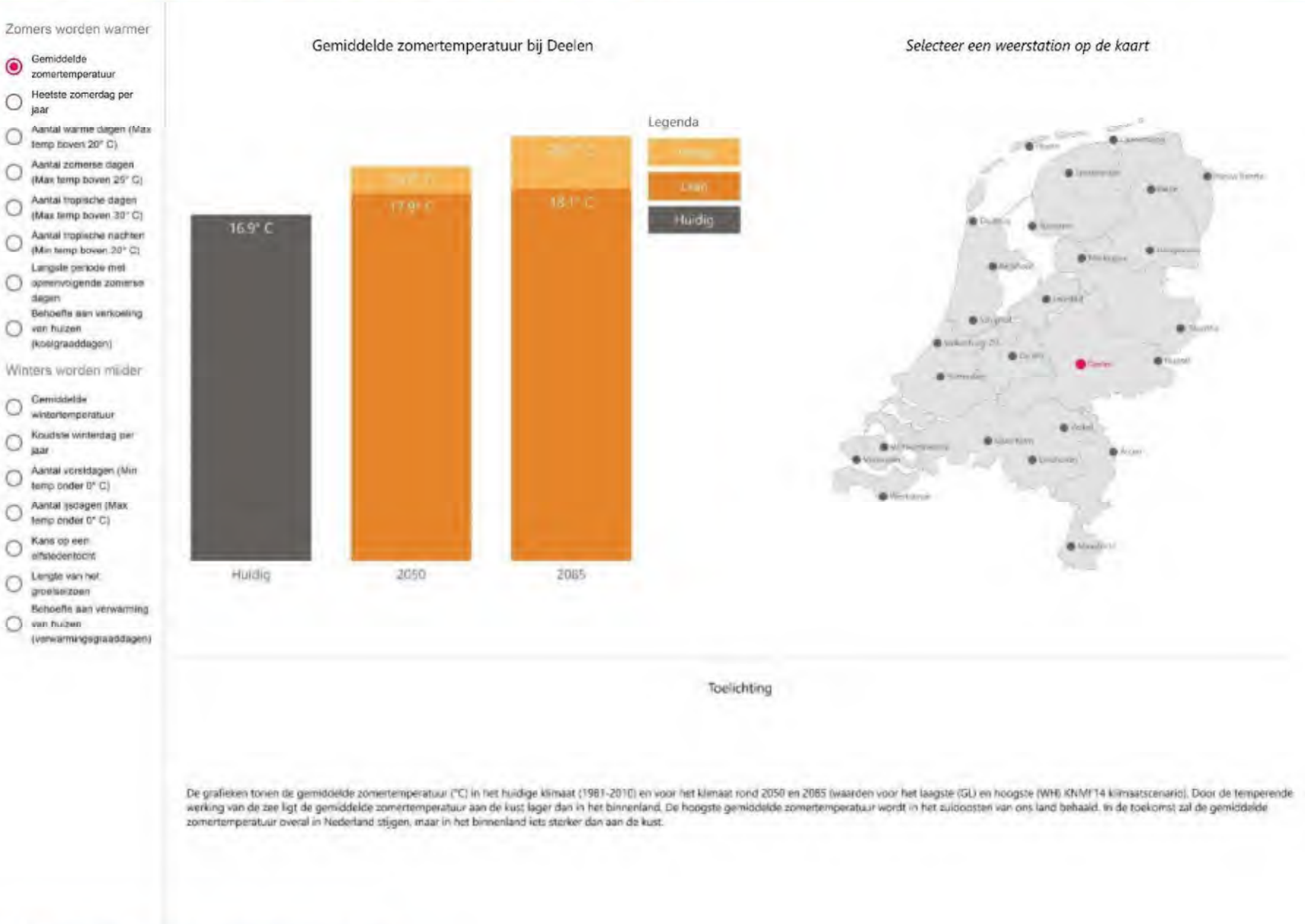
Selecteer een weerstation op de kaart

Toelichting

De grafieken tonen het neerslagtekort dat eens per 10 jaar voorkomt in het huidige klimaat (1981-2010) en voor het klimaat rond 2050 en 2085 (waarden voor het laagste en hoogste KNMI'14 klimaatscenario). Het neerslagtekort wordt gebruikt als een maat voor droogte. Als gedurende het groeiseizoen (1 april tot 30 september) de referentieverdamping hoger is dan de neerslag, is er onvoldoende vocht beschikbaar voor optimale groei. We spreken dan van een neerslagtekort. Het neerslagtekort dat nu eens per 10 jaar voorkomt, zal in de toekomst in het hoogste scenario (WH) duidelijk vaker voorkomen. Dit betekent binnen dat scenario meer jaren van extreme droogte met negatieve gevolgen voor bijvoorbeeld de scheepvaart en de landbouw.

Figure 4 https://cas-platform.com/kea/het-wordt-droger-tool/

XV. VERWACHTE GEMIDDELDE ZOMERTEMPERATUUR 2050 EN 2085



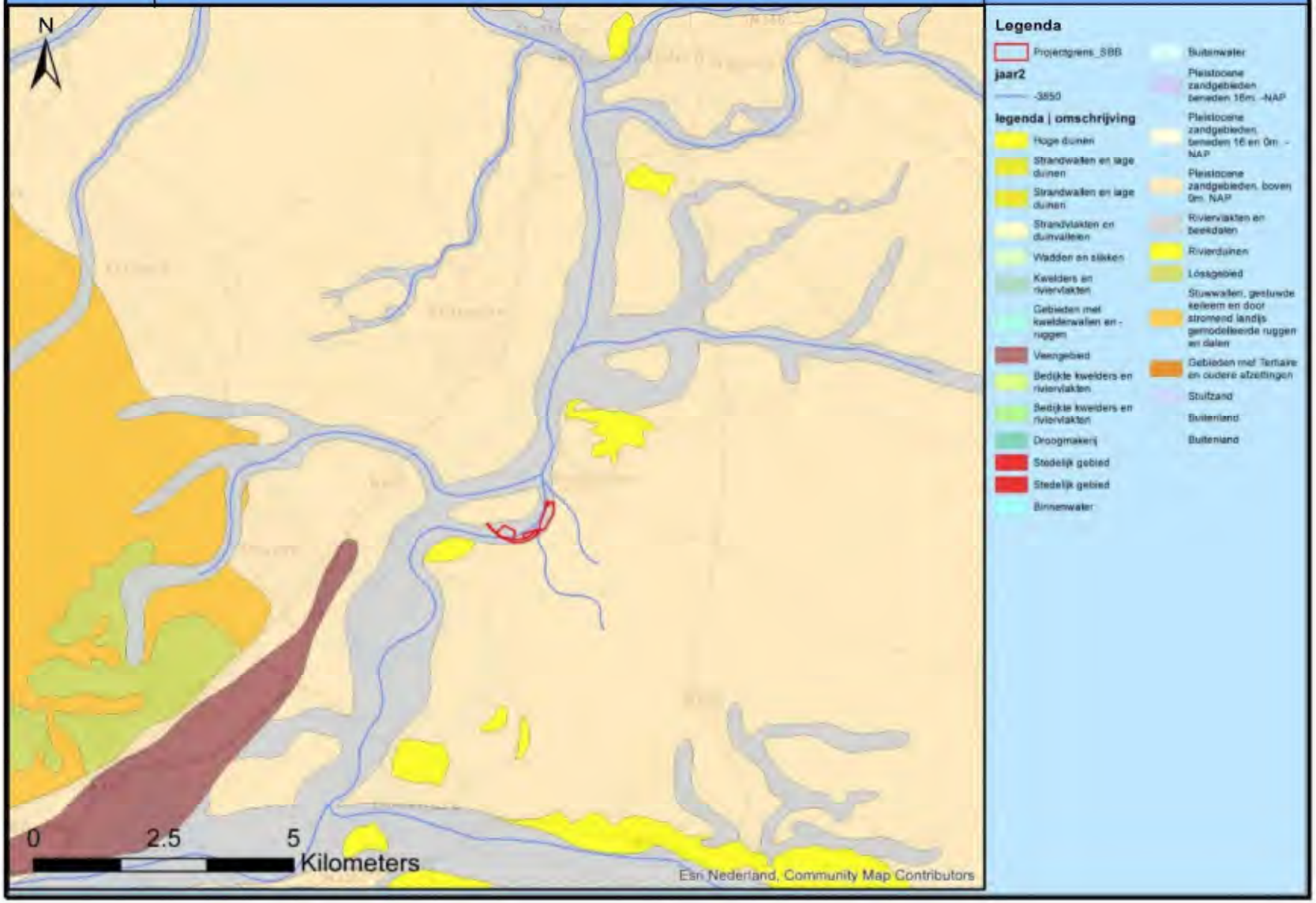
De grafieken tonen de gemiddelde zomertemperatuur (°C) in het huidige klimaat (1981-2010) en voor het klimaat rond 2050 en 2085 (waarden voor het laagste (GL) en hoogste (WH) KNMI'14 klimaatscenario). Door de temperende werking van de zee ligt de gemiddelde zomertemperatuur aan de kust lager dan in het binnenland. De hoogste gemiddelde zomertemperatuur wordt in het zuidoosten van ons land behaald. In de toekomst zal de gemiddelde zomertemperatuur overal in Nederland stijgen, maar in het binnenland iets sterker dan aan de kust.

Figure 5 https://cas-platform.com/kea/het-wordt-heter-tool/

Auteur: 5.1.2e
Datum: 18-11-2021
Locatie: Zevenaar

Paleogeografische kaart

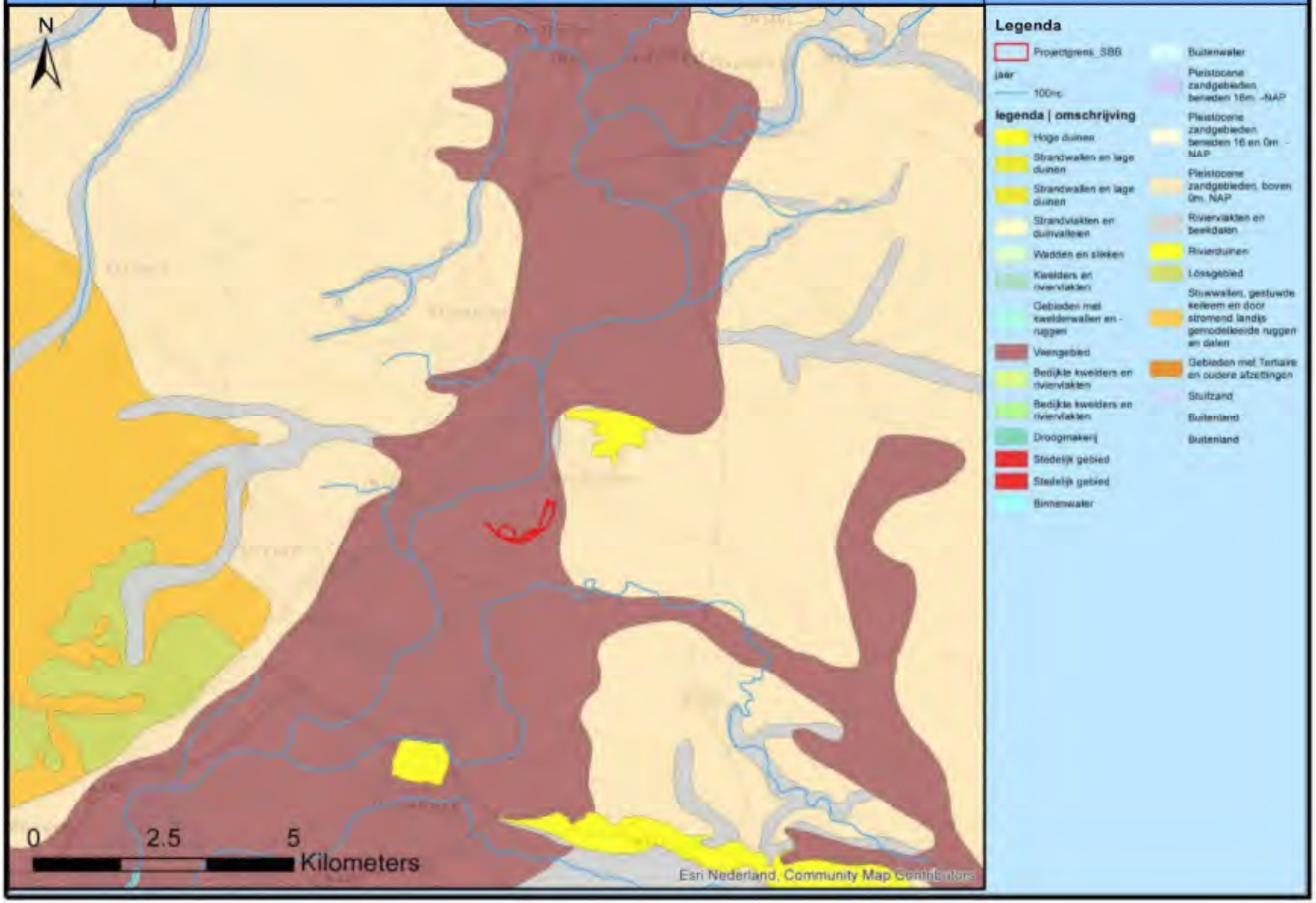
3850 voor Chr.



Auteur: 5.1.2e
Datum: 18-11-2021
Locatie: Zevenaar

Paleogeografische kaart

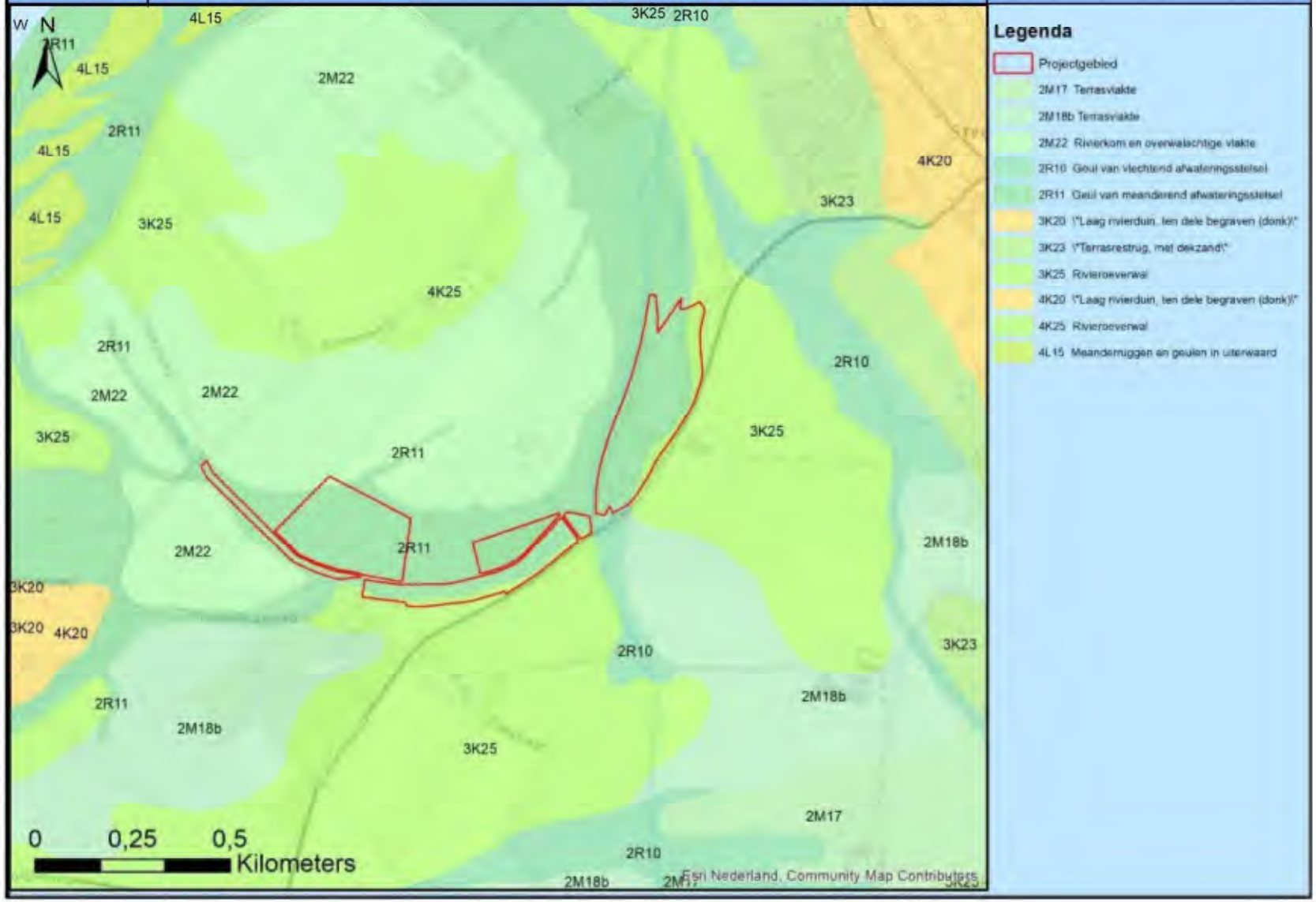
100 na Chr.



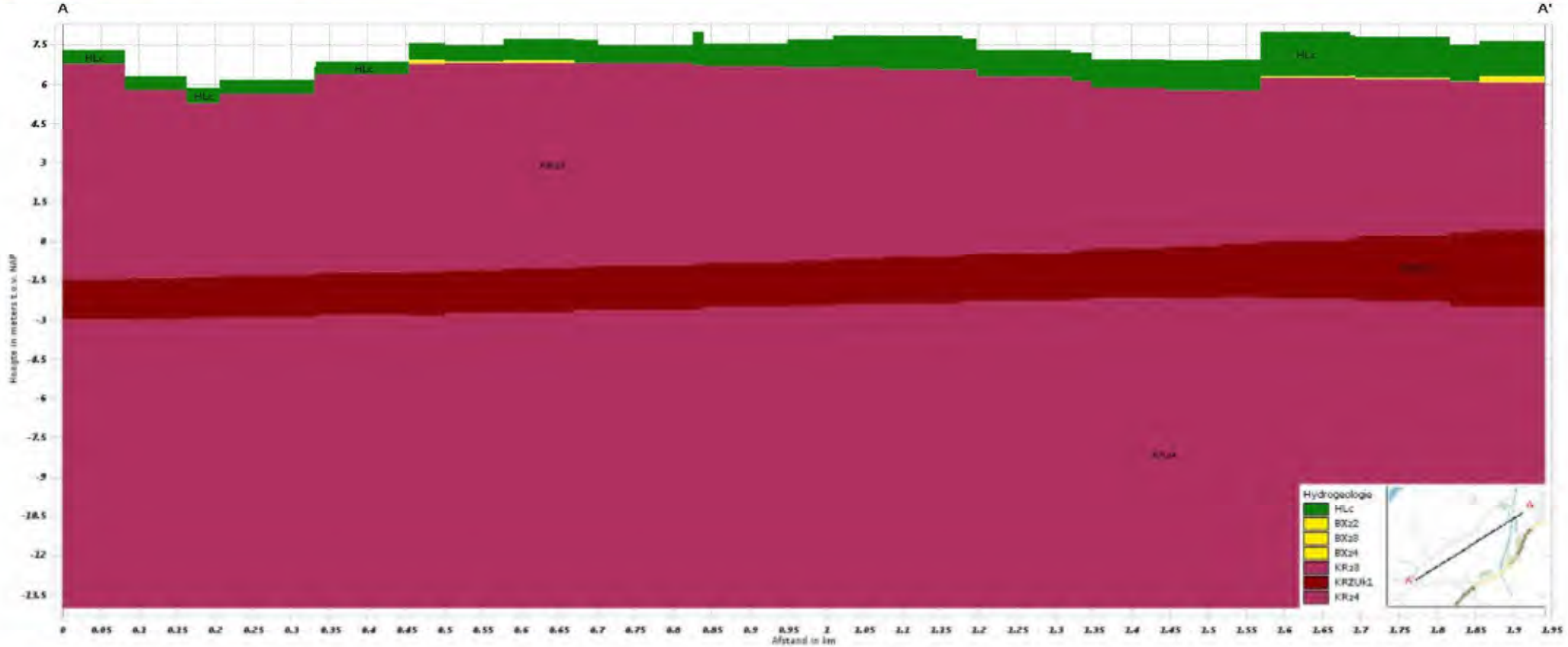
XVIII. GEOMORFOLOGISCHE KAART PROJECTGEBIED

Auteur: 5.1.2e
Datum: 02-12-2021
Locatie: Velp

Geomorfologische kaart

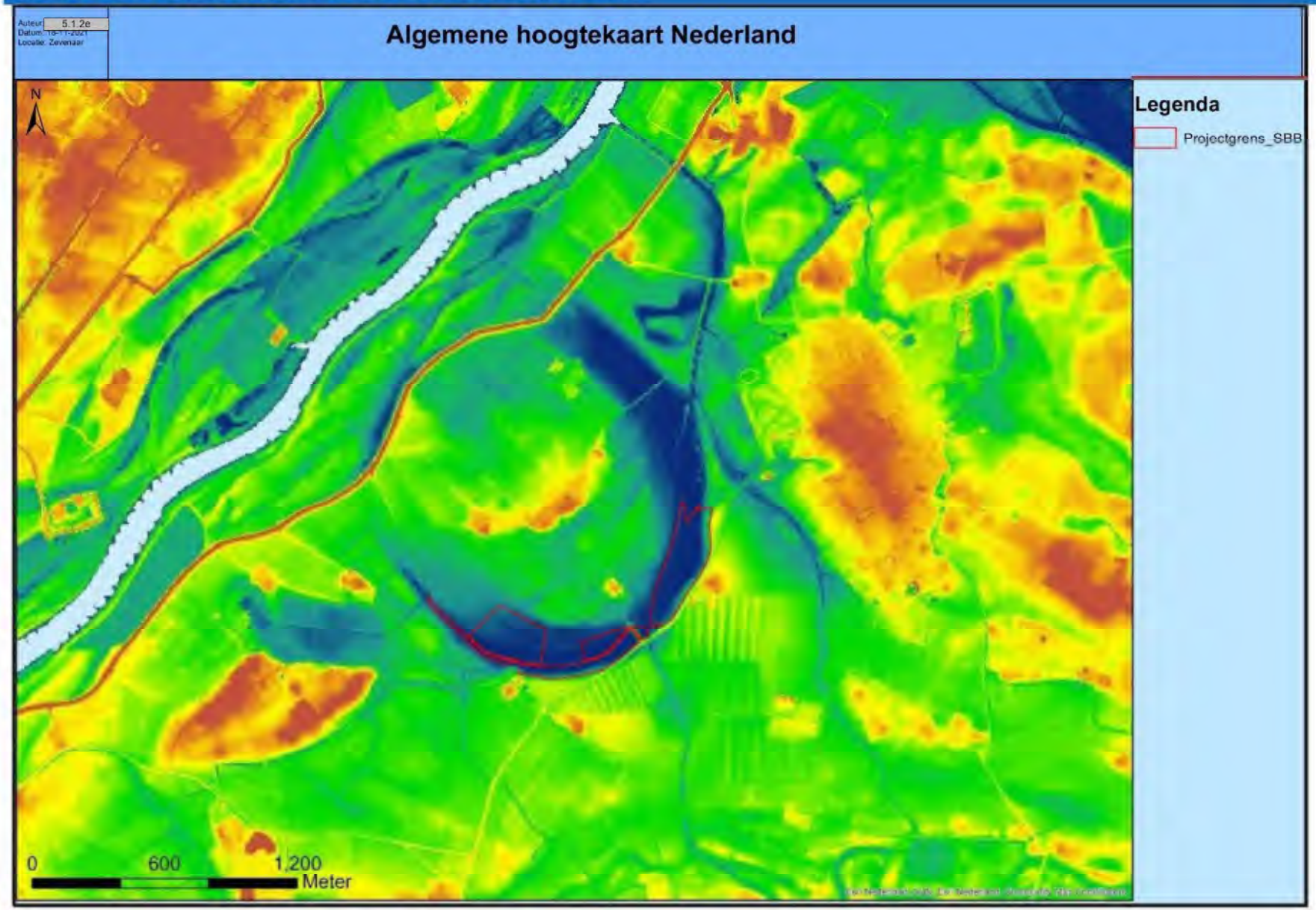


XIX. BODEMOPBOUW PROJECTGEBIED

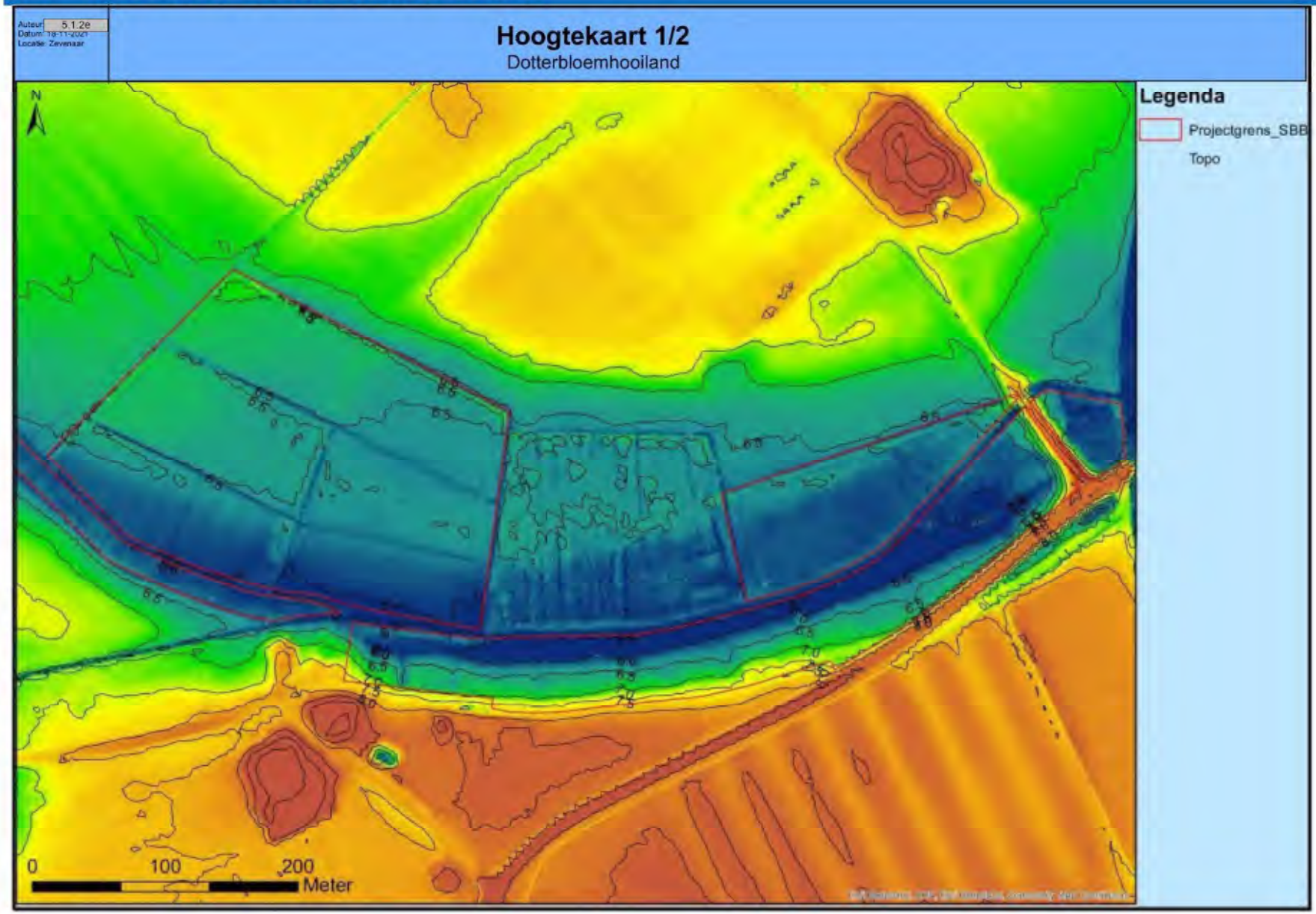


Figuur 31 Bodemopbouw projectgebied gegevens opgehaald van het REGIS II versie 2.2

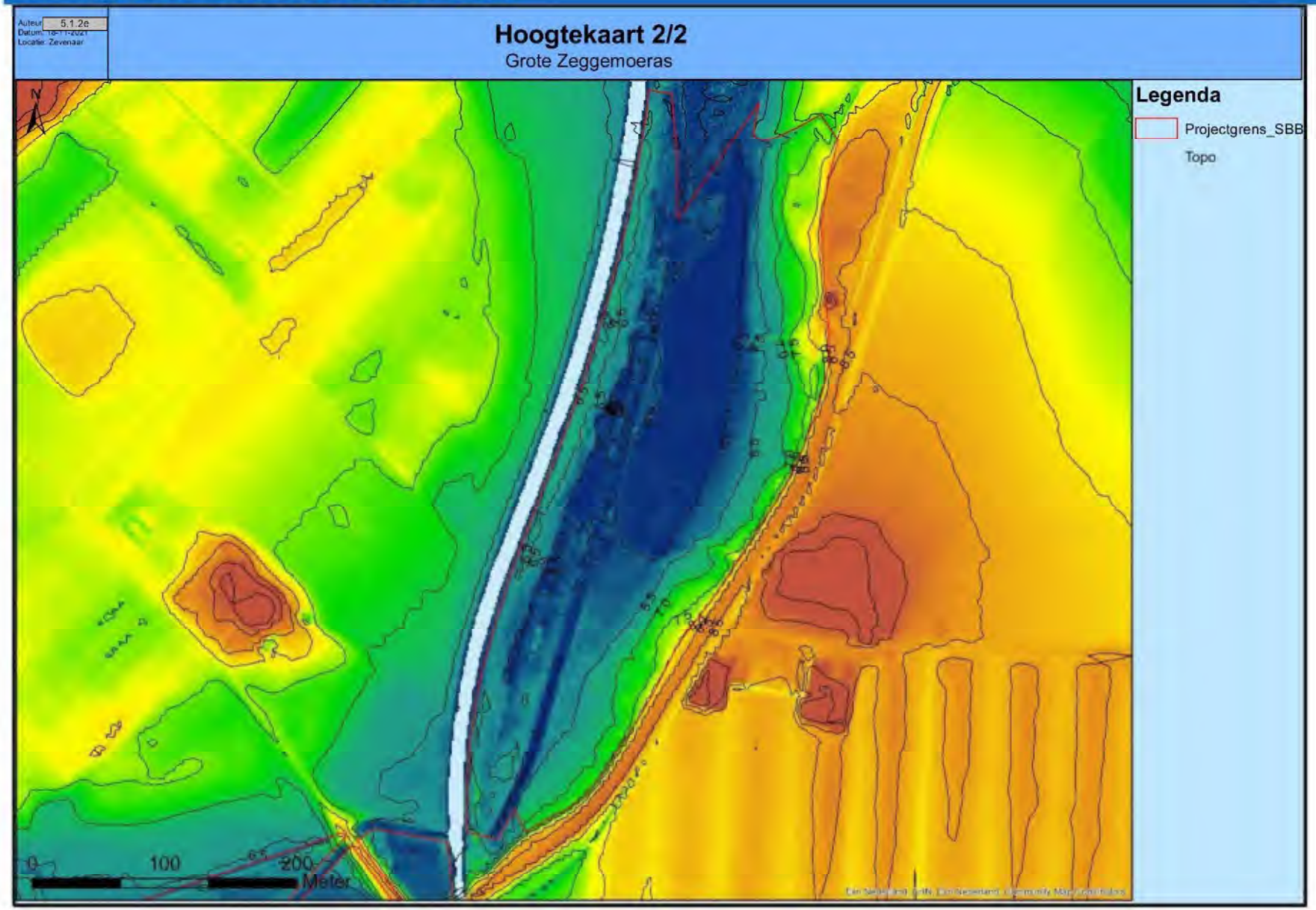
XX. HOOGTEKAART VOLLEDIG PROJECTGEBIED EN OMGEVING



XXI. HOOGTEKAART 1/2 DOTTERBLOEMHOOILAND

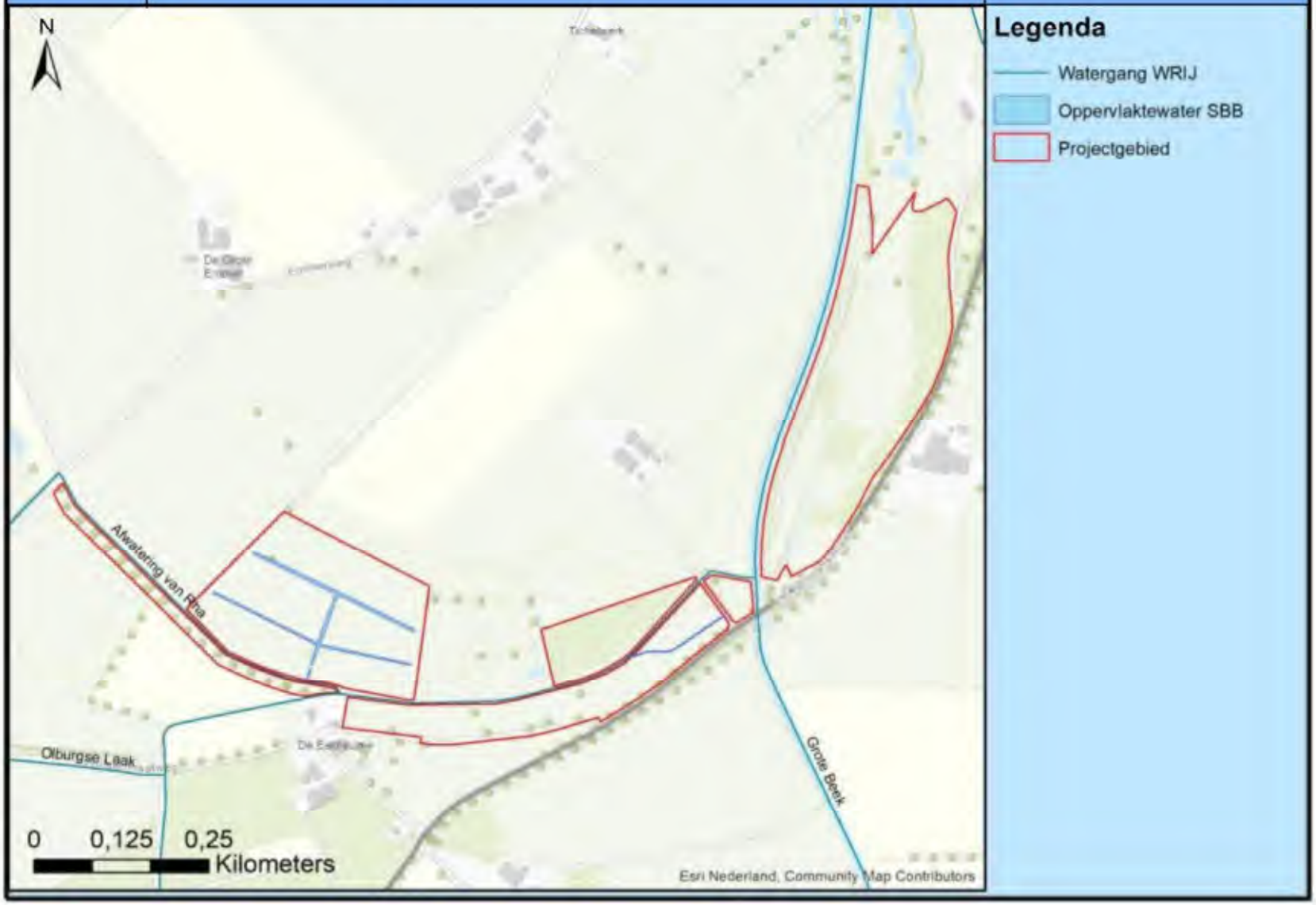


XXII. HOOGTEKAART 2/2 GROTE ZEGGEMOERAS

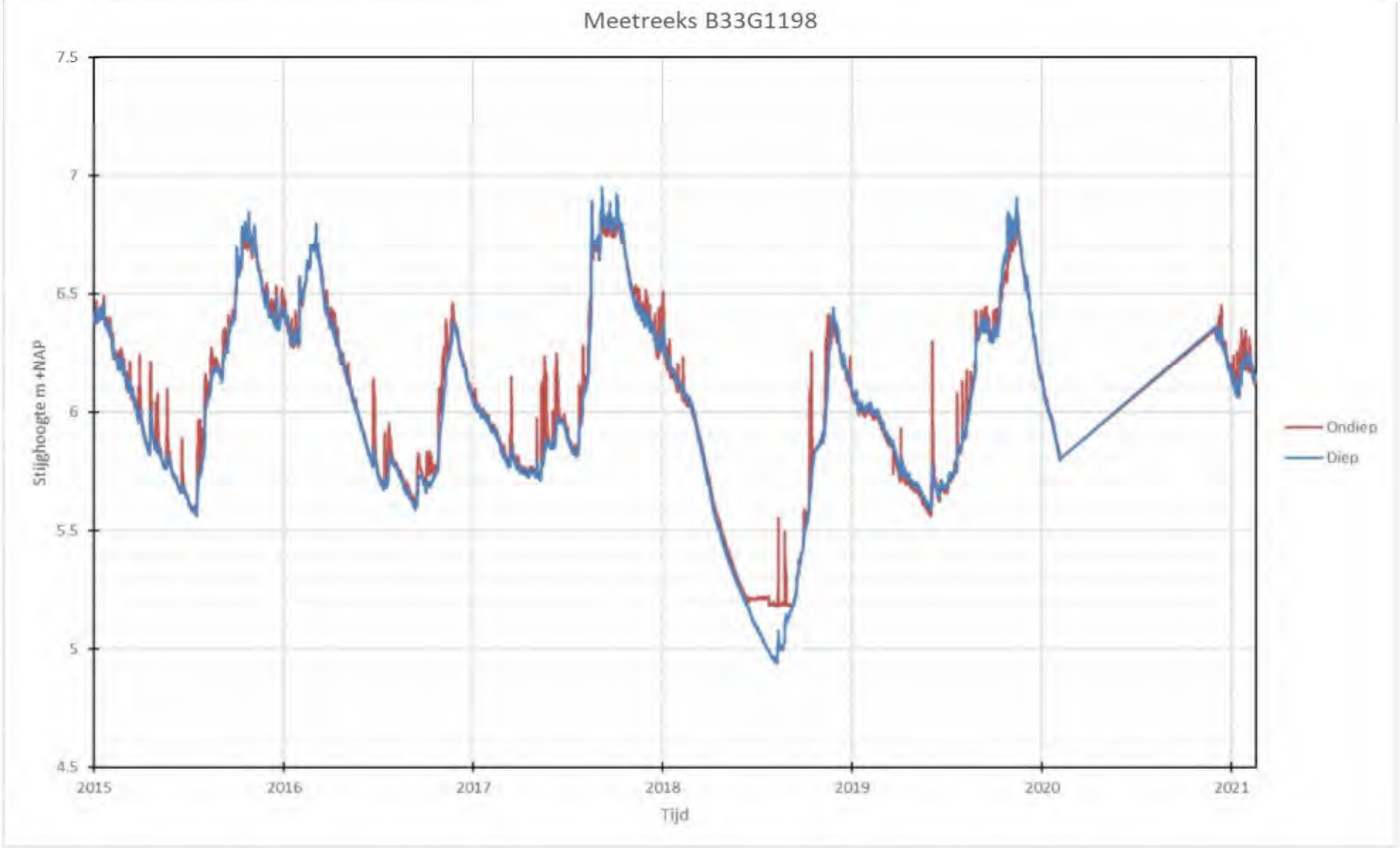


Auteur: 5.1.2e
Datum: 10-10-2021
Locatie: Velp

Oppervlaktewaterkaart

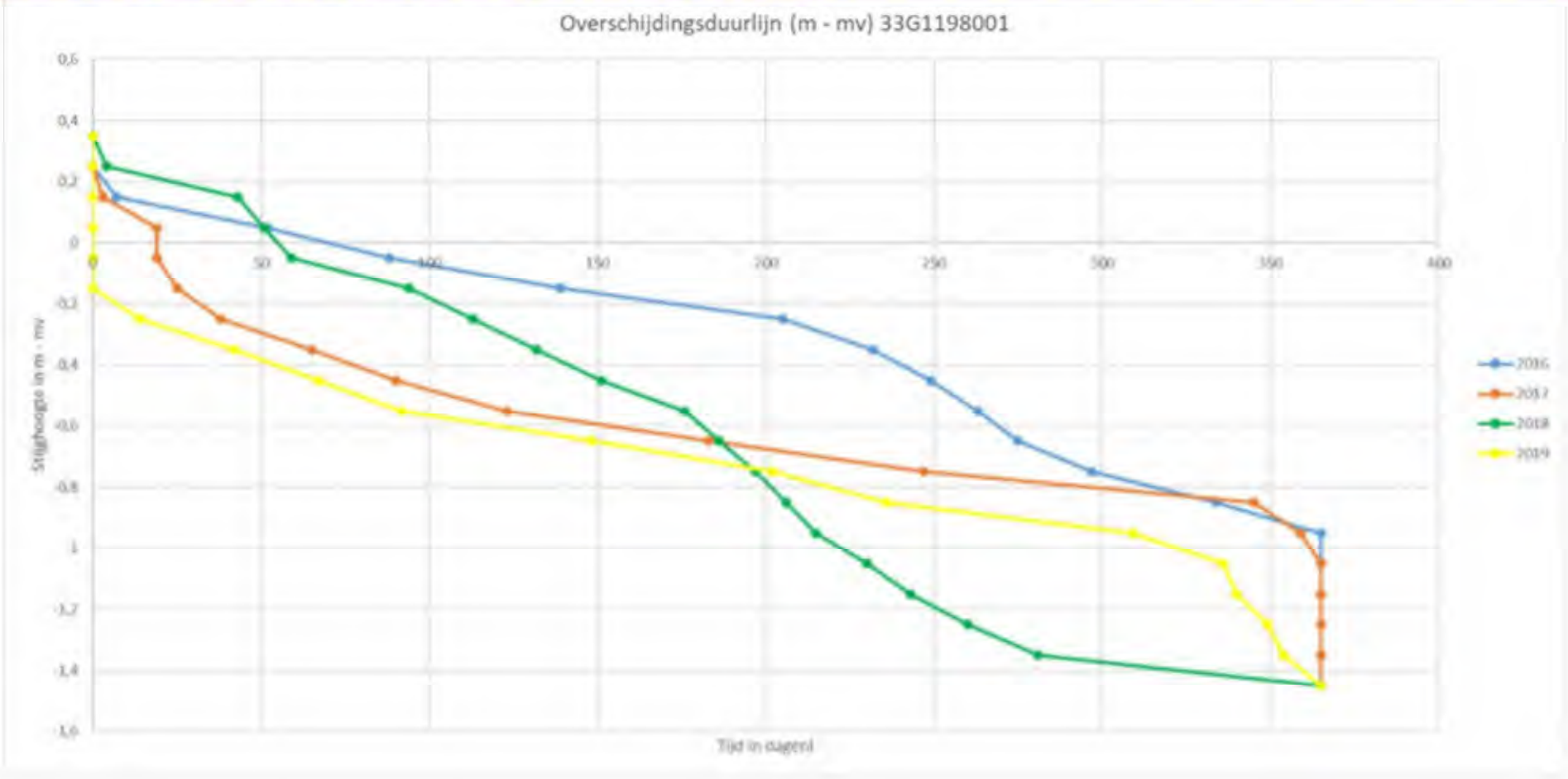


XXIV. MEETREEKS VITENS PEILBUIS B33G1198

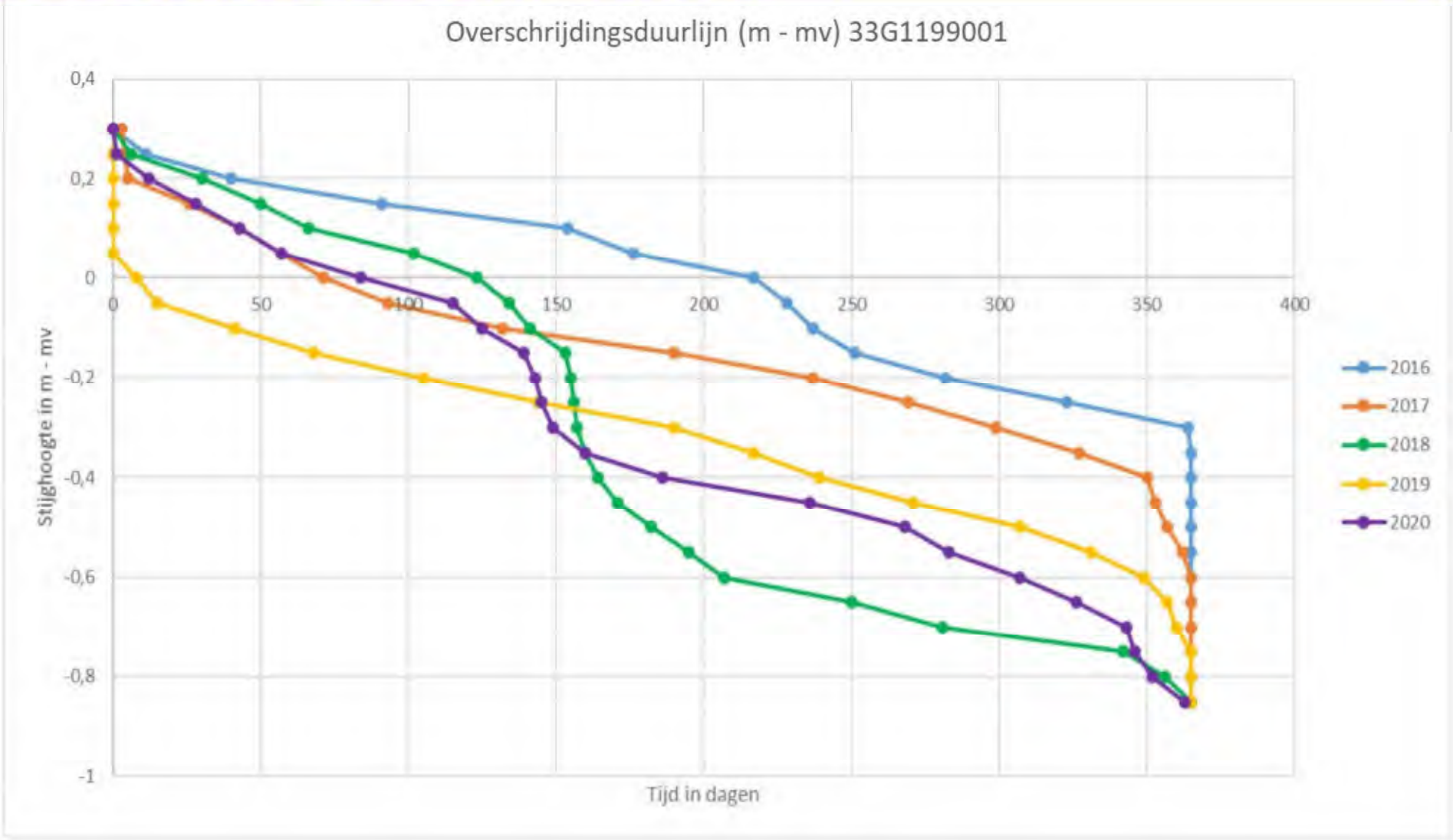


XXV. MEETREEKS VITENS PEILBUIS B33G1199

XXVI. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJNEN PEILBUIS 33G1198001 2016-2019



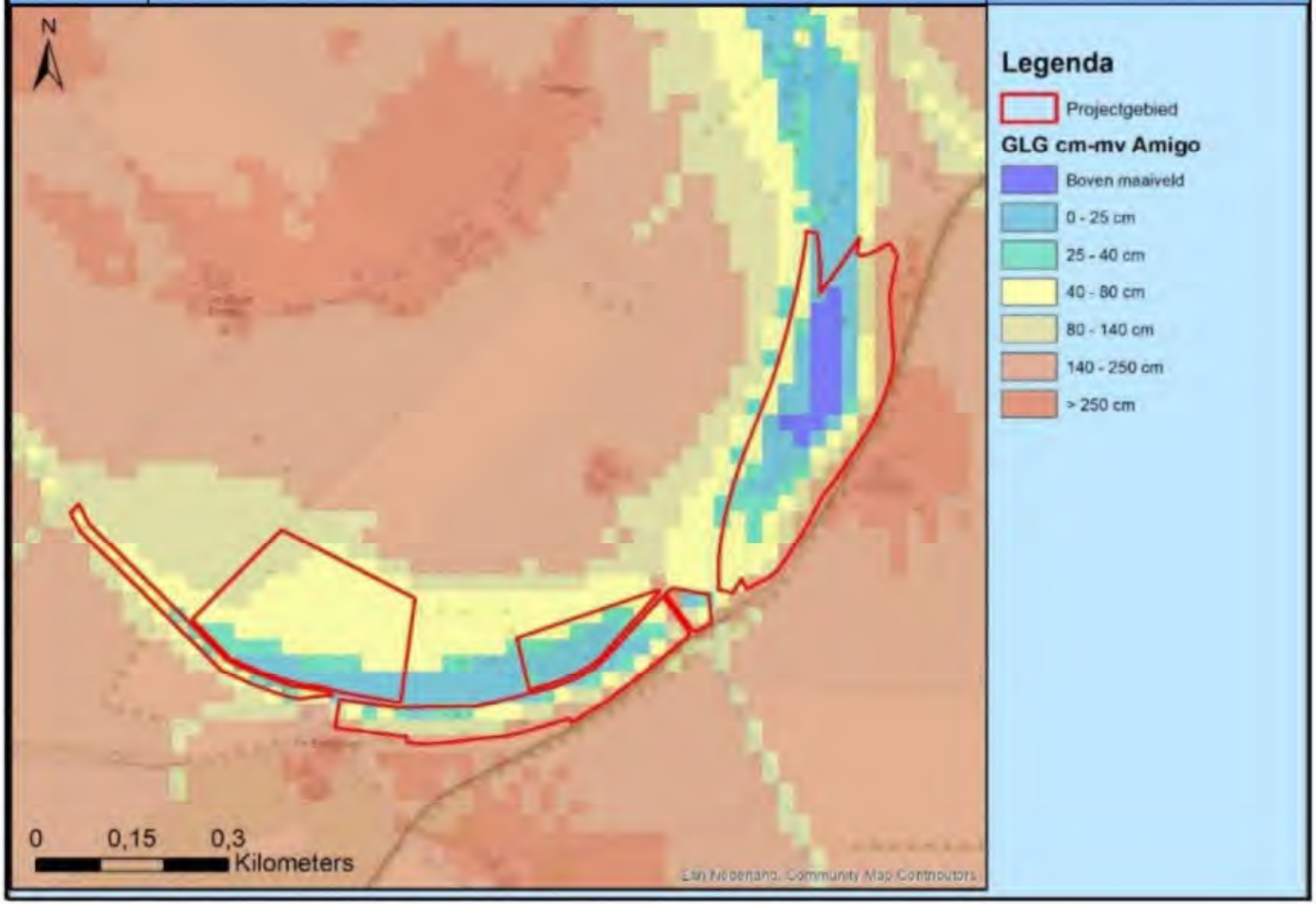
XXVII. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJNEN PEILBUIS 33G1199001 2016-2020



XXVIII. GEMIDDELDE LAAGSTE GRONDWATERSTAND VOLGENS HET AMIGO MODEL

Auteur: 5.1.2e
Datum: 02-12-2021
Locatie: Velp

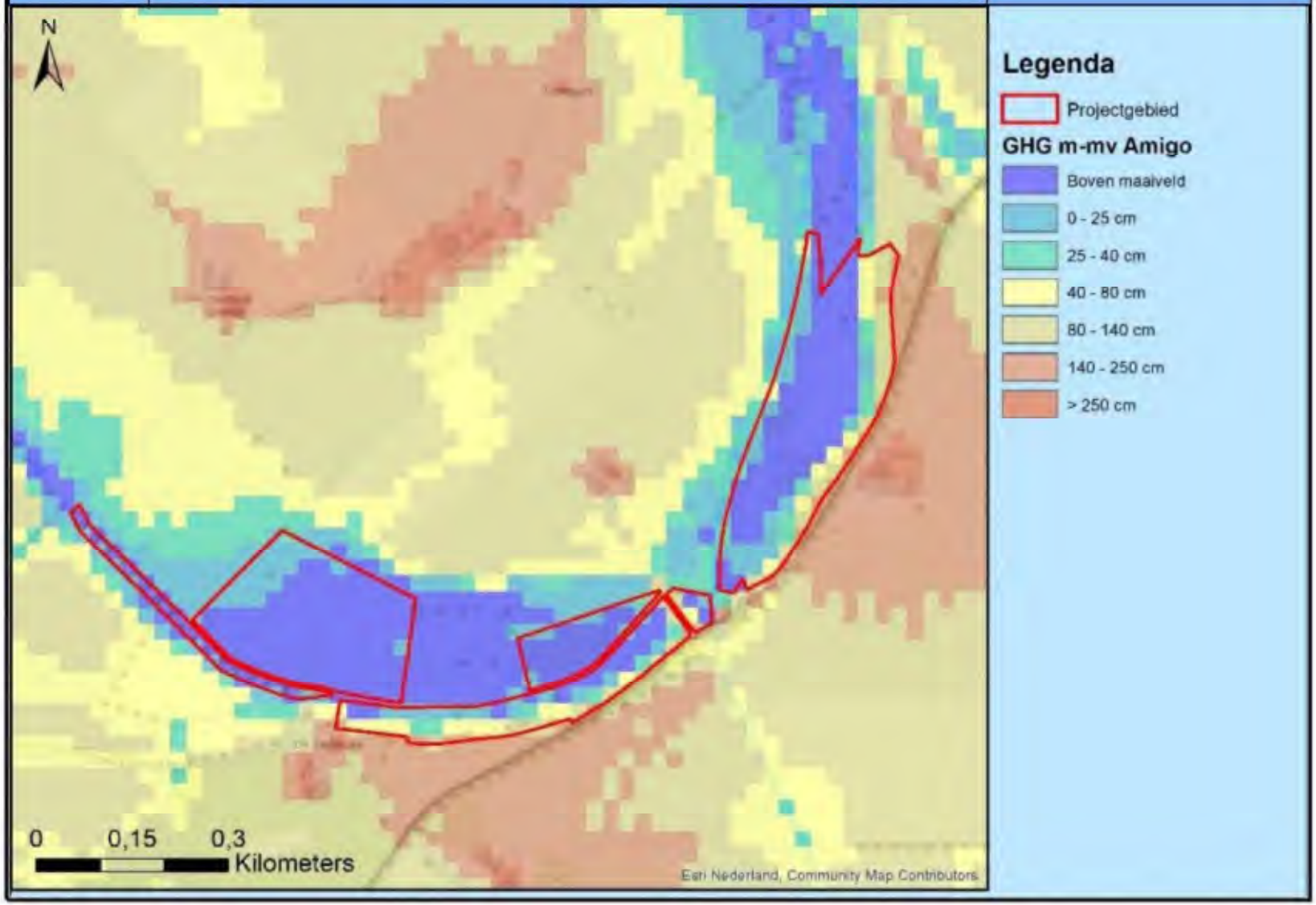
GLG (cm-mv) uit Amigo grondwatermodel



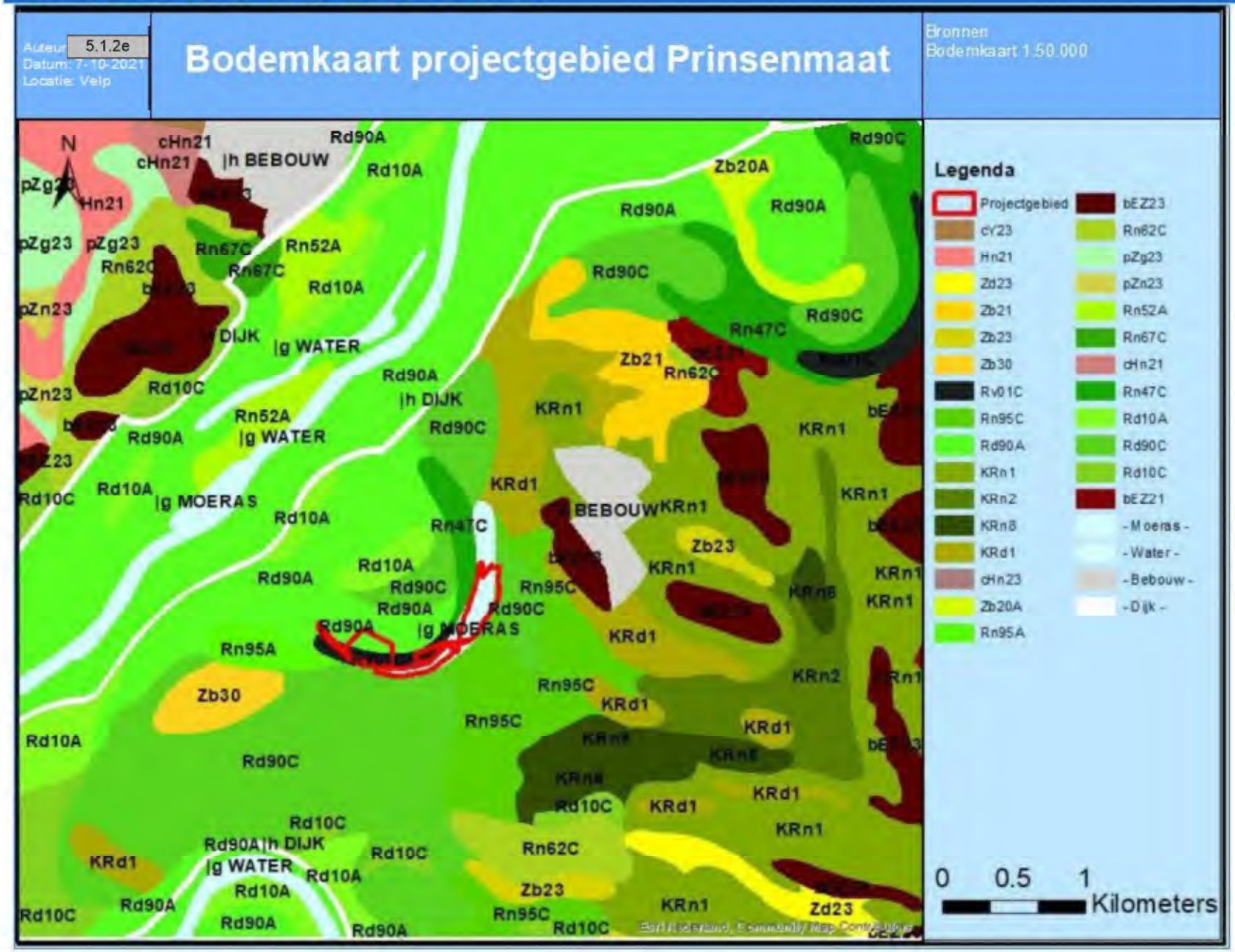
XXIX. GEMIDDELDE HOOGSTE GRONDWATERSTAND VOLGENS HET AMIGO MODEL

Auteur: 5.1.2e
Datum: 02 12 2021
Locatie: Velp

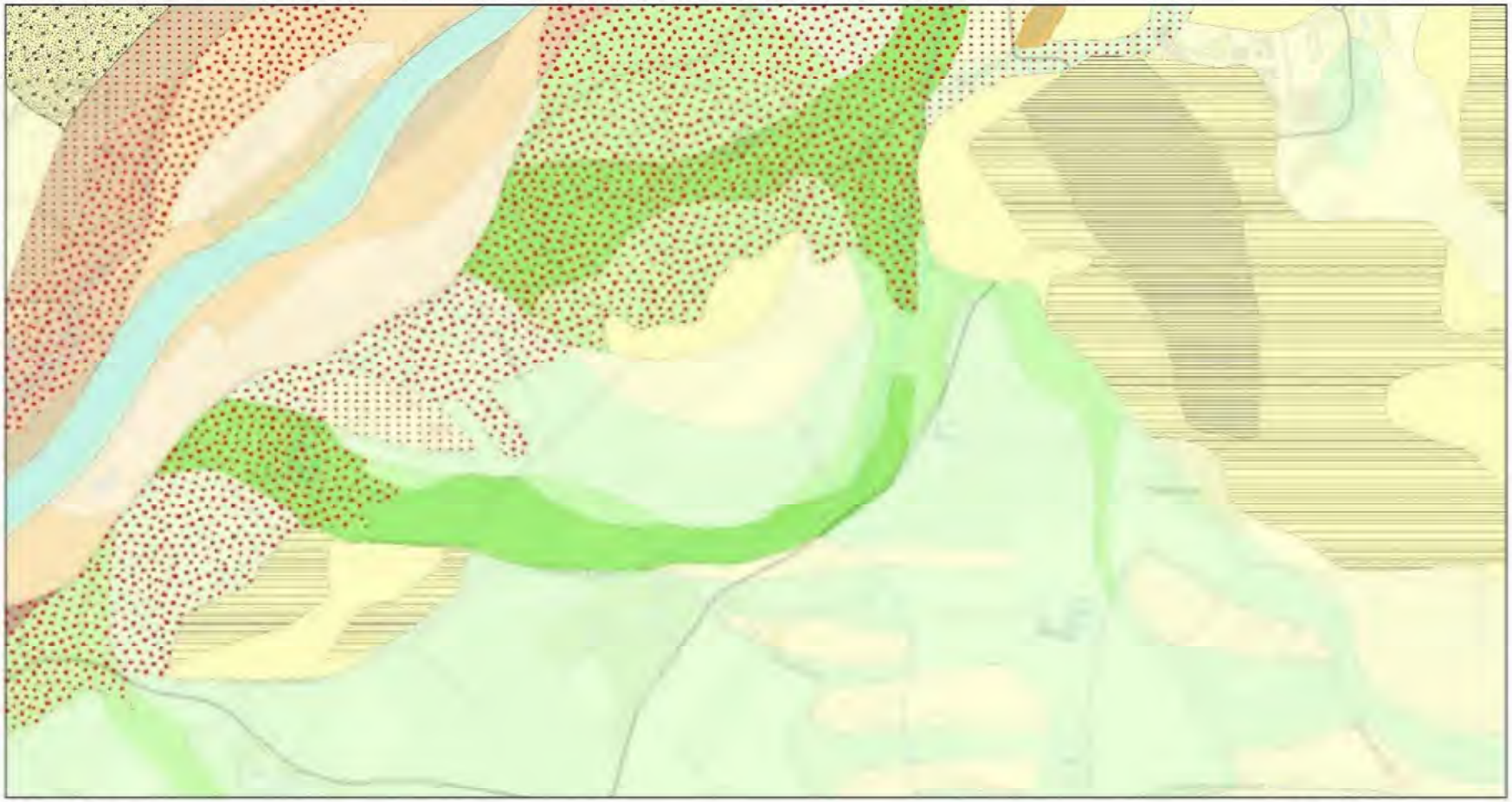
GHG (cm-mv) uit Amigo grondwatermodel



XXX. BODEMKAART PROJECTGEBIED EN OMGEVING



zandbanenkaart Prinsenmaat



3-12-2021 01:37:38

Gelderland - Afdeklaag

Gelderland

Zandbanenkaart zanddiepte 2010

1: Zand van bedijkte rivieren, binnen 1,0 m-mv

2: Zand van bedijkte rivieren, top tussen 1,0 - 2,0 m-mv

3: Zand van bedijkte rivieren, top tussen 2,0 - 3,0 m-mv

4: Zand van bedijkte rivieren, top tussen 3,0 - 4,0 m-mv

5: Zand van bedijkte rivieren, top tussen 4,0 - 5,0 m-mv

15: Beddingzand onbedijkte rivieren, top tussen 1,5 - 2,0 m-mv

20: Pleistoceen zand 0 - 1,0 m-mv

21: Pleistoceen zand 1,0 - 2,0 m-mv

22: Pleistoceen zand 2,0 - 3,0 m-mv

23: Pleistoceen zand 3,0 - 4,0 m-mv

99: Water

Zandbanenkaart deklagen 2010

18: Zandige laag binnen 1,0 m-mv

19: Zandige laag binnen 2,0 m-mv

300: Dek van eolisch zand (rivierduinen, dekzanden), top binnen 1,0 m-mv

301: Dek van eolisch zand aan het maaiveld, dikker dan 1,0 m

302: Dek van eolisch zand aan het maaiveld, dikker dan 2,0 m

401: Dek van afspoelingswaaierzand, top binnen 1,0 m-mv

1:12,000

0 0.15 0.3 0.6 mi

0 0.23 0.45 0.9 km

Esri Nederland, Community Map Contributors

Web AppBuilder for ArcGIS

Esri Nederland, Community Map Contributors |

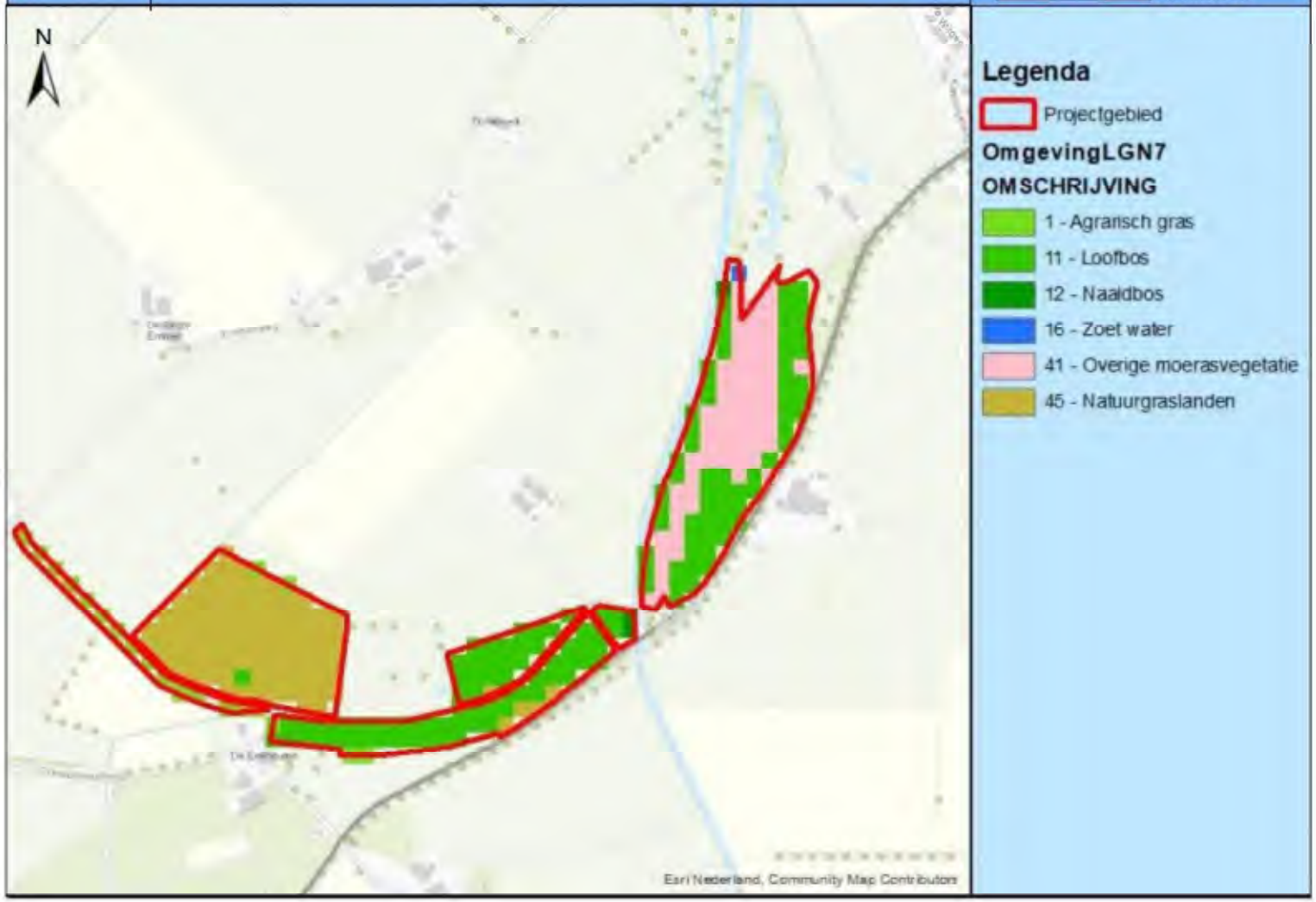
XXXII. LANDGEBRUIK PROJECTGEBIED

Auteur: 5.1.2e
Datum: 07-10-2021
Locatie: Velp

Landgebruik Prinsenmaat

Bronnen
LGN7 kaart

0 0,125 0,25
Kilometers



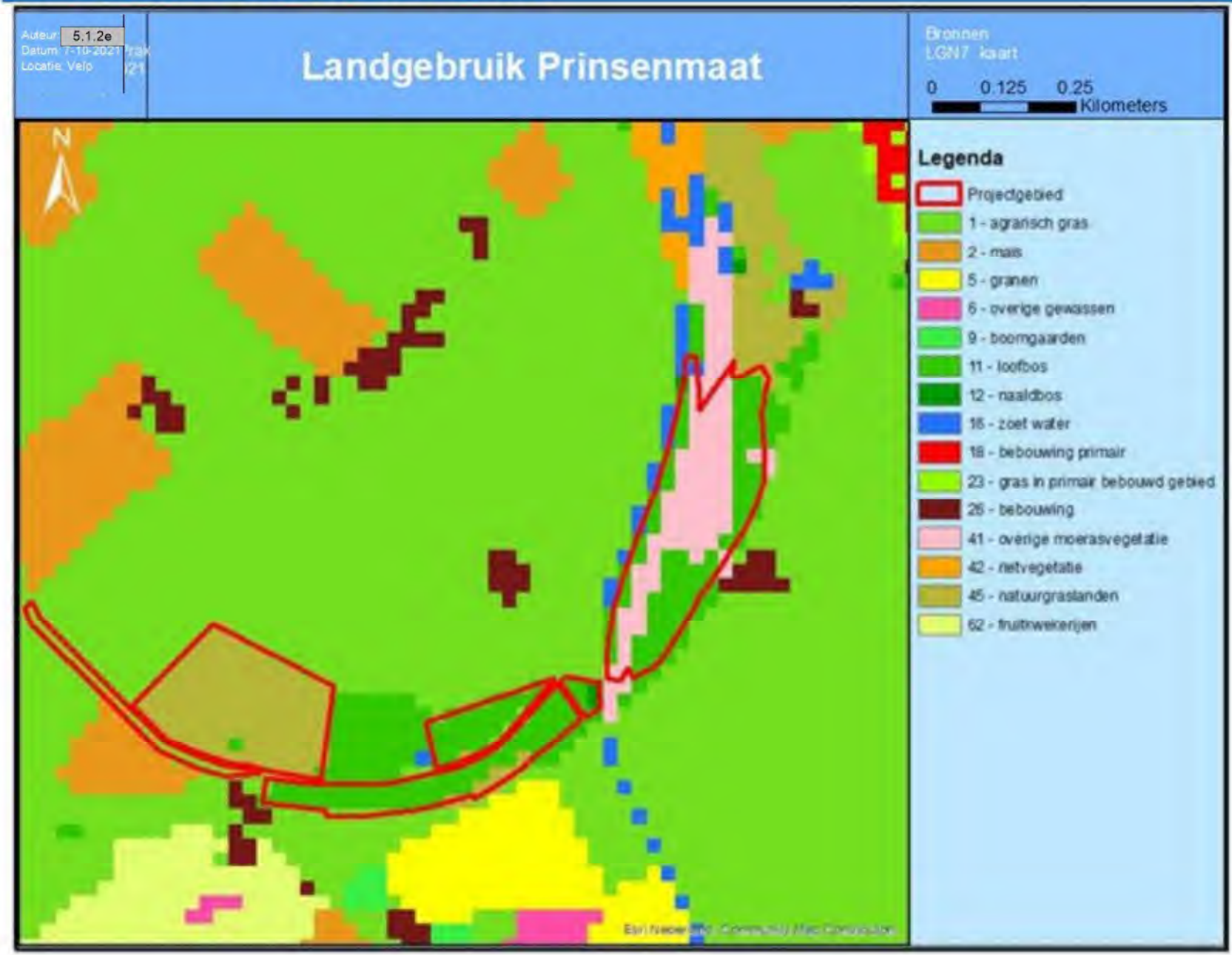
Legenda

- Projectgebied

OmgevingLGN7

OMSCHRIJVING

- 1 - Agrarisch gras
- 11 - Loofbos
- 12 - Naaldbos
- 16 - Zoet water
- 41 - Overige moerasvegetatie
- 45 - Natuurgraslanden


Auteur 5.1.2e
Datum 7-10-2021
Locatie Velp
Landgebruik Prinsenmaat
Bronnen
LGN7 kaart
0 0.125 0.25
Kilometers
N
Legenda
Projectgebied
1 - agrarisch gras
2 - mais
5 - granen
6 - overige gewassen
9 - boomgaarden
11 - loofbos
12 - naaldbos
16 - zoet water
18 - bebouwing primair
23 - gras in primair bebouwd gebied
25 - bebouwing
41 - overige moerasvegetatie
42 - rietvegetatie
45 - natuurgraslanden
62 - fruitweiderijen

XXXIV. KADASTRALE KAART DE EMMER 1810-1832

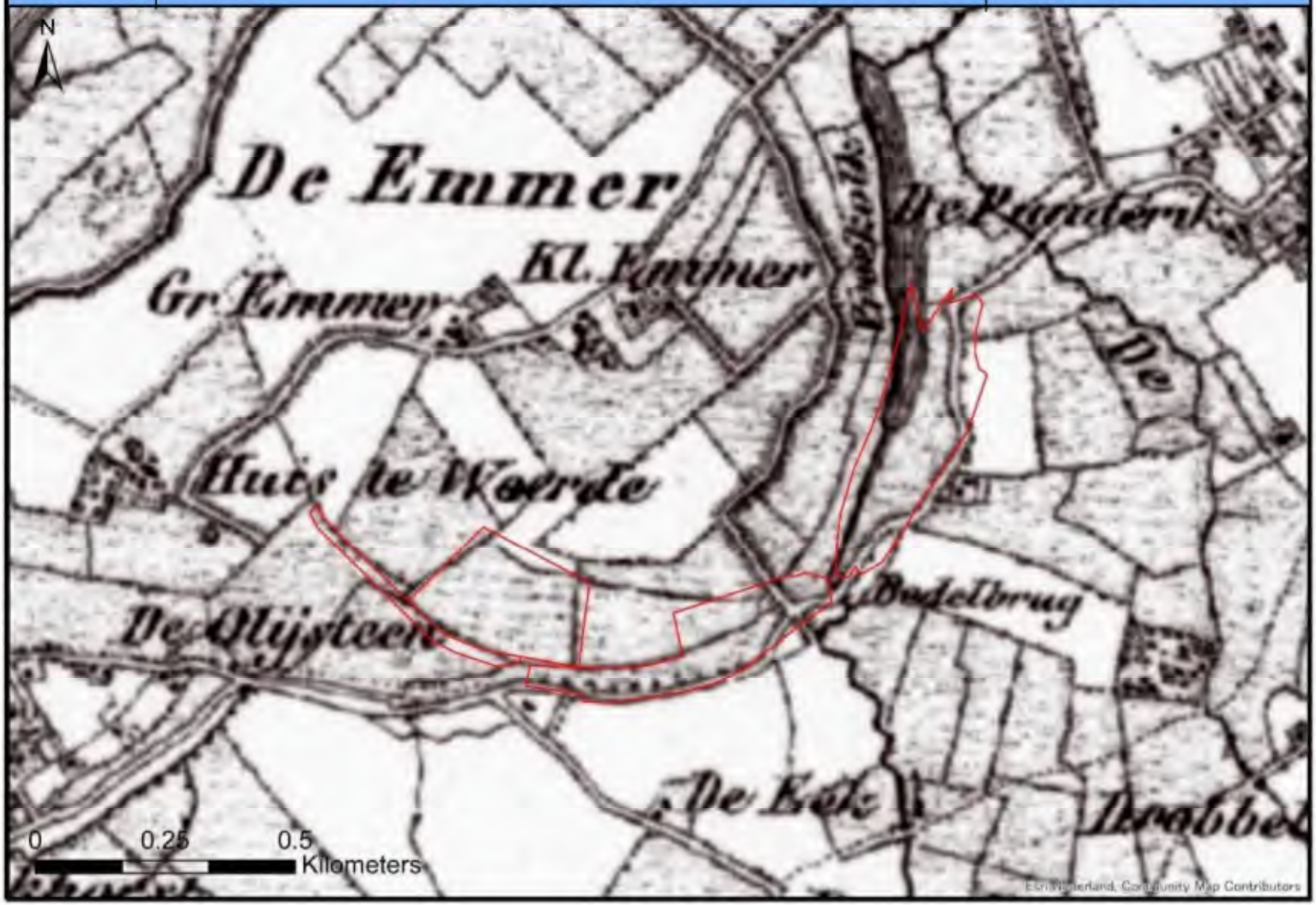
Auteur: 5.1.2e
Datum: 11-11-2021
Locatie: Velp

Historische kaart

Topografische Militaire kaart 1850

Legenda

Projectgebied



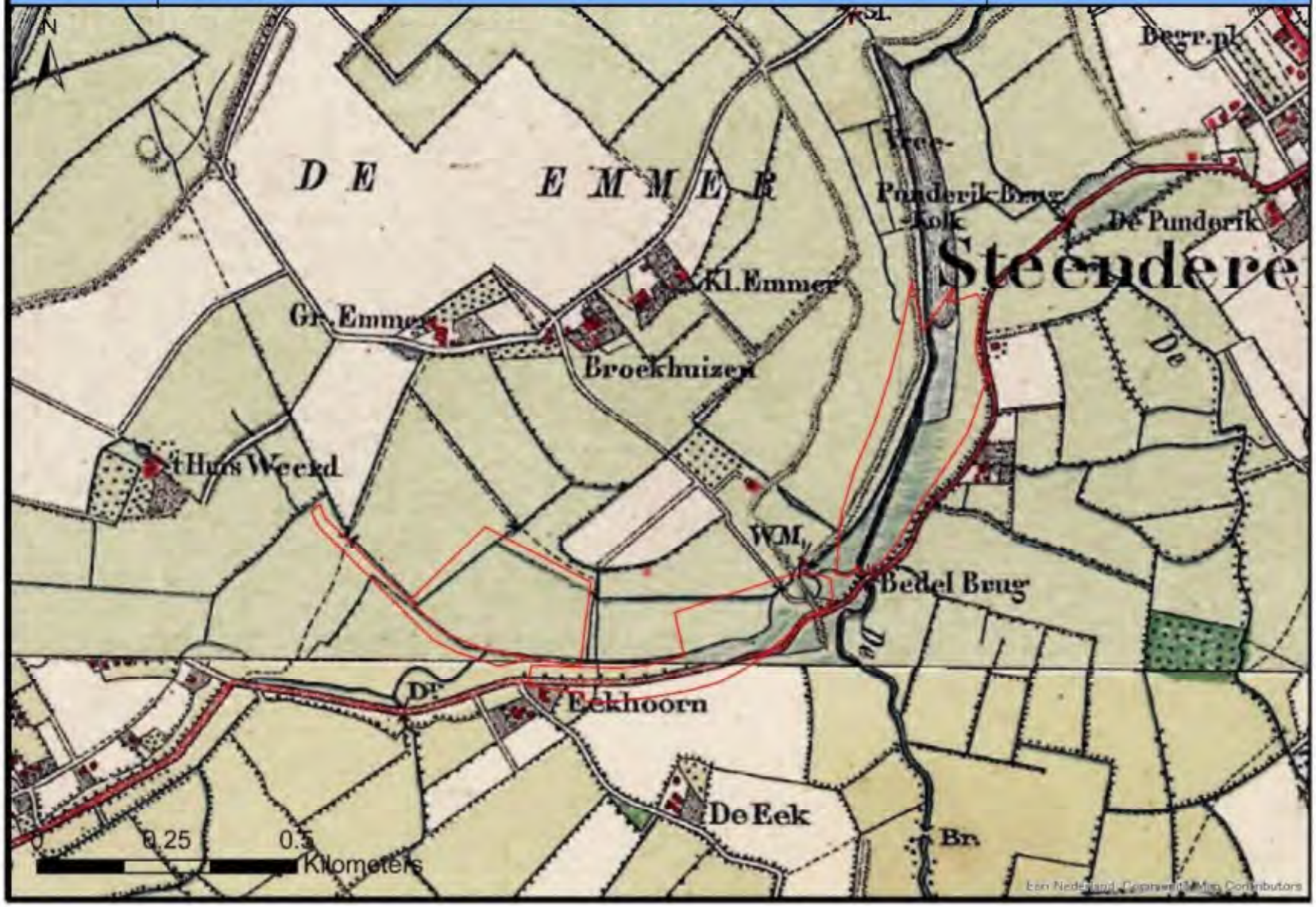
Auteur: 5.1.2e
Datum: 11-11-2021
Locatie: Velp

Historische kaart

Chromotopografische Kaart des Rijks, rond 1900

Legenda

Projectgebied



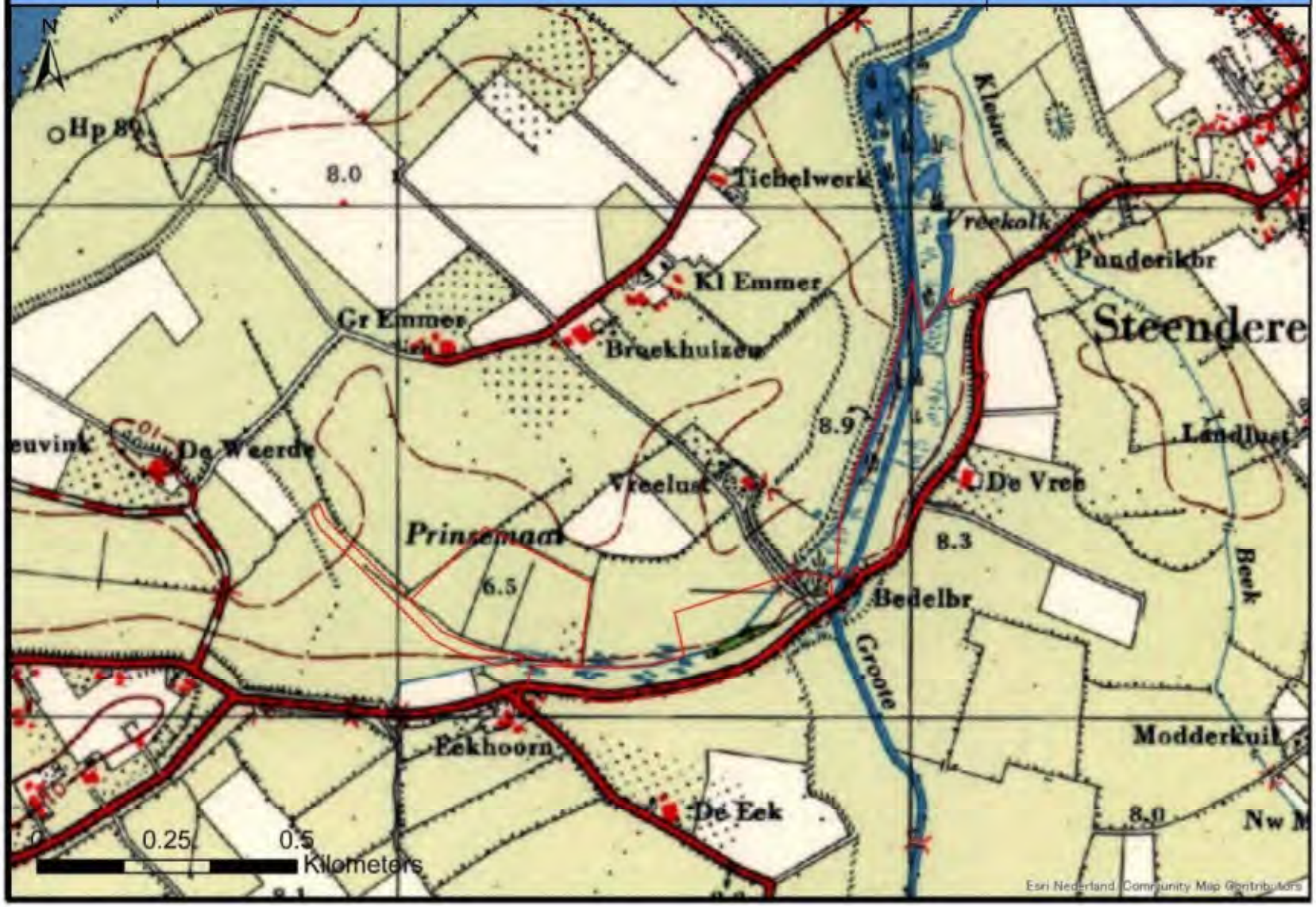
Auteur: 5.1.2e
Datum: 11-11-2021
Locatie: Velp

Historische kaart

Topografische kaart 1958

Legenda

Projectgebied



Auteur: 5.1.2e
Datum: 11-11-2021
Locatie: Velp
Historische kaart
Topografische kaart 1997
Legenda
Projectgebied
Steenderen
Emmerweg
Tichelwerk
Vreskolk
De Kleine Emmer
De Grote Emmer
Pl 120
Emmerhuizen
Te Weerde
Prinsenmaat
De Vree
Kleine Beek
Bedelbrug
De Eekheurne
De Eek
8.0
8.2
7.8
8.8
9.0
7.0
8.7
6.5
8.1
8.3
8.5
0
0.25
0.5
Kilometers
Esri Nederland, Community Map Contributors

XXXIX. VEGETATIEKARTERING PRINSENMAAT 2011 GROTE ZEGGEMOERAS

Code	Vegetatietype
43A-6	Iepenstruweel; Typische vorm
43-6	Overig voedselrijkbos; Vorm met haagbeuk
43-3	Grazig voedselrijkbos; Vorm met gestreepte witbol en ruw beemdgras
43-2	Voedselrijkbos met brandnetel; Typische vorm
39-A1	Fragmentair elzenbroekbos; Grazige vorm met ruw beemdgras
39-A2	Fragmentair elzenbroekbos; Grazige vorm met ruw beemdgras
08-5	Soortenarm rietland
08C2-1	Grote zeggemoeras; Typische vorm met veenwortel
32-2	Brandnetelruigte; Typische vorm
50C-1	Onbegroeid terrein

XL. VEGETATIEKARTERING PRINSENMAAT 2011 DOTTERBLOEMHOOILAND

Code	Vegetatietype
39A-2	Fragmentair elzenbroekbos; Grazige vorm met ruw beemdgras
50C-1	Onbegroeid terrein
16B-1	Type van echte koekoeksbloem
16-6	Type van gestreepte witbol
16C-1	Type van glanshaver, kropaar en fluitenkruid; Vorm met glanshaver
16C-5	Type van glanshaver, kropaar en fluitenkruid; Ruige vorm met Fluitenkruid
16-8	Type van gestreepte witbol; Vorm met echte koekoeksbloem
16B-3	Type van echte koekoeksbloem; vorm met gewone ratelaar
16B1-2	Zeggenrijk dotterbloem-hooiland; Vorm met scherpe zegge
43-3	Grazig voedselrijkbos; Vorm met gestreepte witbol en ruw beemdgras
08-2	Type van rietgras; Typische vorm

XLI. WATERMONSTERPUNTEN VELDWERK

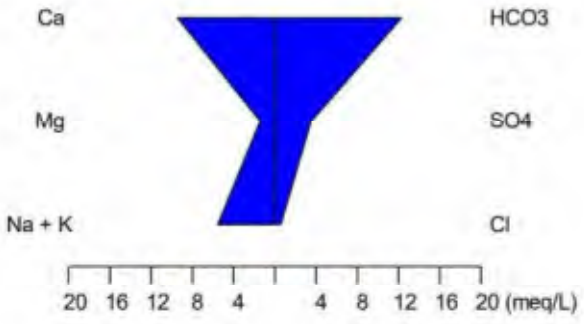
Auteur: 5.1.2e
Datum: 25-11-2021
Locatie: Velp

Watermonsters

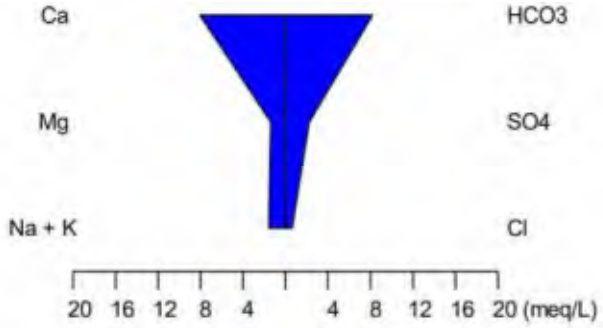
XLII. TABEL ALGEMENE INFORMATIE OVER DE WATERMONSTERS

Watermonster	Locatie beschrijving	x	y	Diepte bovenkant Peilbuis
1	Watermonster van de ondiepe peilbuis in deelgebied 1	209040	452585	2 meter beneden maaiveld
2	Watermonster van de diepe peilbuis in deelgebied 1	209040	452585	3 meter beneden maaiveld
3	Watermondster van de peilbuis in deelgebied 2	208680	452130	2 meter beneden maaiveld
4	Watermonster van het oppervlaktewater in deelgebied 2	208674	452153	30 centimeter beneden wateroppervlak
5	Watermonster van de peilbuis in deelgebied 3.	208183	452224	2 meter beneden maaiveld
6	Watermonster van het oppervlaktewater in deelgebied 3	208360	452200	30 centimeter beneden wateroppervlak

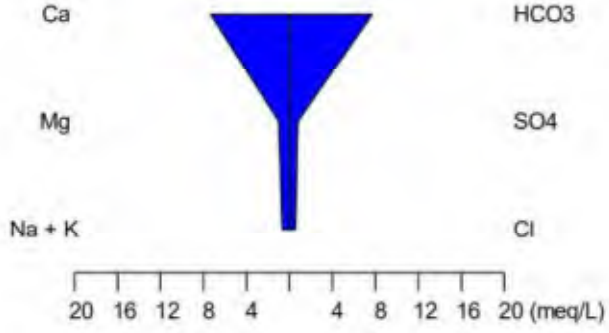
Punt 1



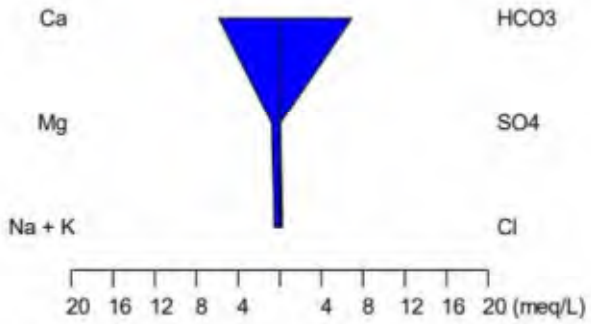
Punt 2



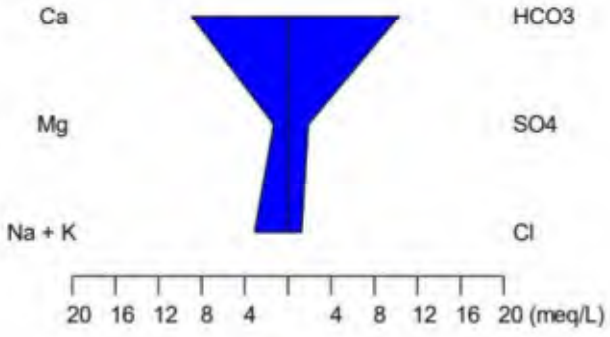
Punt 3



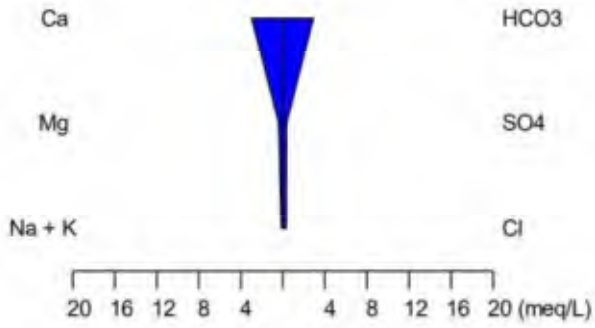
Punt 4



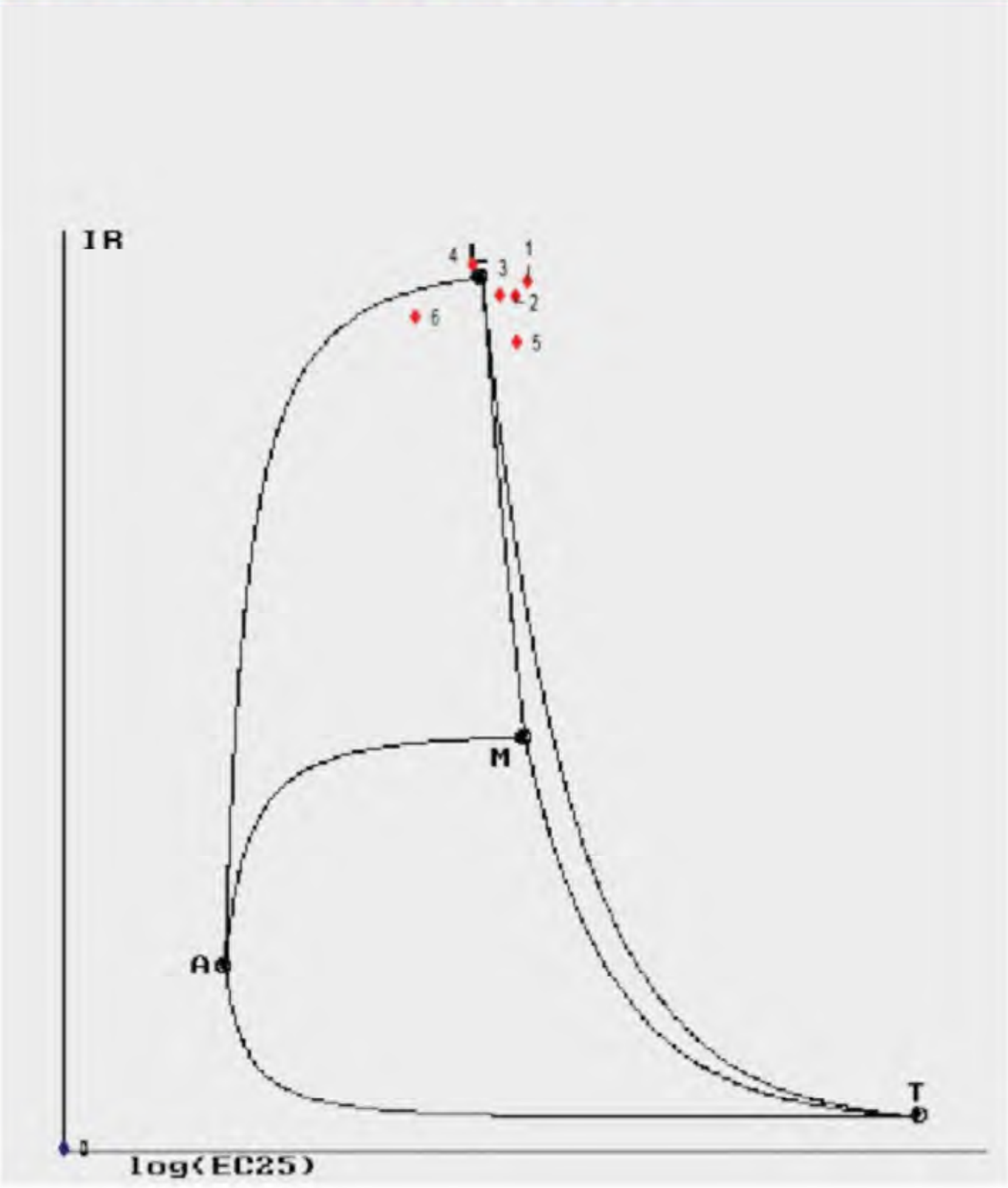
Punt 5



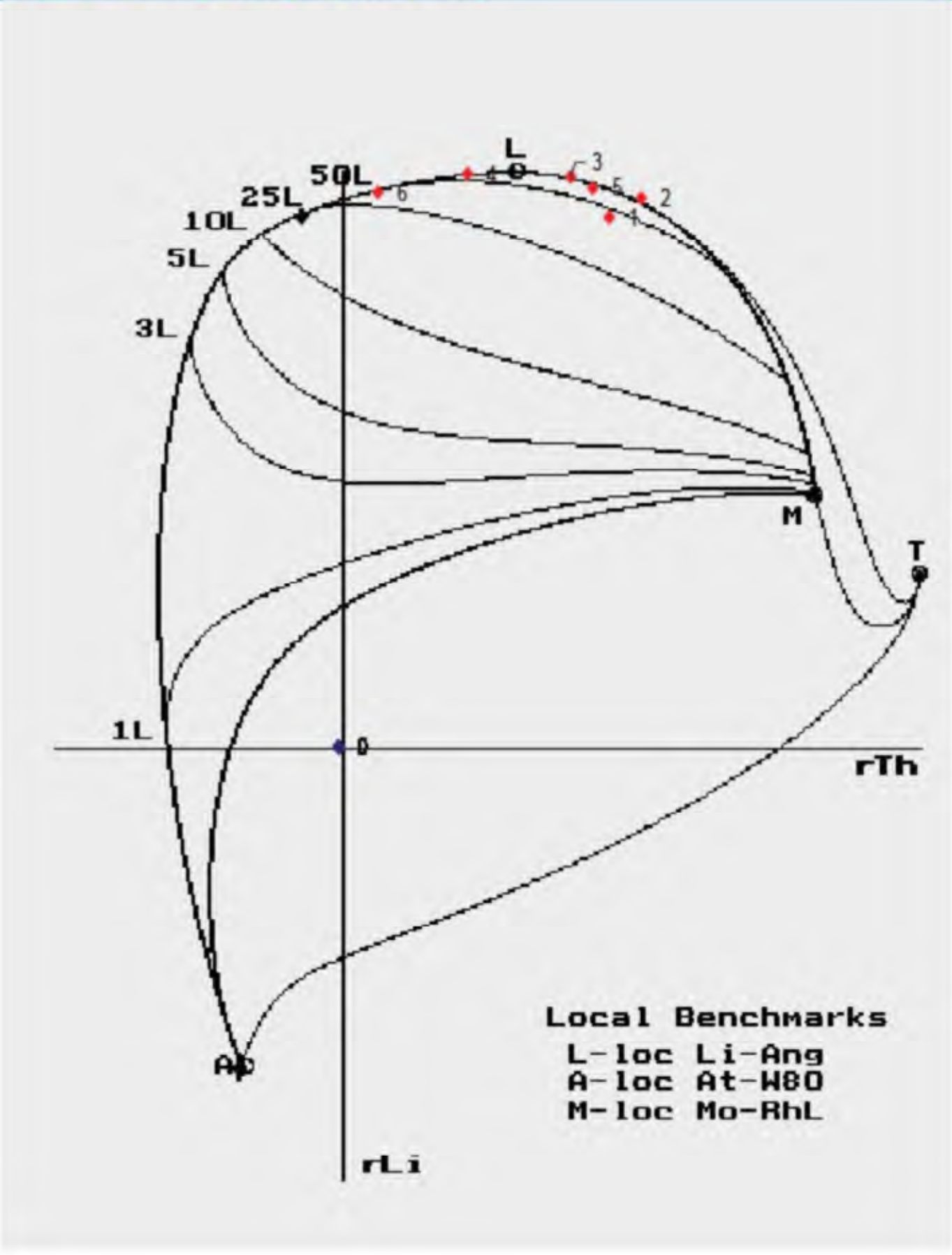
Punt 6



XLIV. DRIEHOEK VAN VAN WIRDUM VAN DE WATERMONSTERS



XLV. MAION-DIAGRAM VAN DE WATERMONSTERS



Auteur: 5.1.2e
Datum: 25-11-2021
Locatie: Velp

Boorpunten

XLVII. BOORSTATEN DEELGEBIED 1 GROTE ZEGGEMOERAS

Boringnummer 1 Deelgebied 1										X: 209007	Y: 452592
Diepte - mv (cm)	*Kleurcode*	*Reductie*	*Roest*	*Lutum*	*Leem*	*M50*	*Kalk*	*pH*	*Rijpingsgraad*	*Horizont*	*Bijzonderheden*
0 - 40	2,5Yr2/1	-	+	> 35					Bijna gerijpt		GWS aan maaiveld
40 - 65	10Yr3/1	-	+	> 35					Bijna gerijpt		
65 - 80	5Yr3/1	-	+	> 35					Bijna gerijpt		
											Ooivaaggrond

Boringnummer 2 Deelgebied 1										X: 209052	Y: 452585
Diepte - mv (cm)	*Kleurcode*	*Reductie*	*Roest*	*Lutum*	*Leem*	*M50*	*Kalk*	*pH*	*Rijpingsgraad*	*Horizont*	*Bijzonderheden*
0 - 10		-	-	> 35			KA	6.8	Bijna gerijpt	A	
10 - 30		-	+	25 - 35					Bijna gerijpt	Cg	
30 - 60		-	+	> 35					Bijna gerijpt	Cg	GWS 40 cm - mv
60 - 70		-	+	> 35					Bijna gerijpt	Cg	
70 - 100		+	-	> 35			KA	6.8	Bijna gerijpt	Cr	
											Gorsvaaggrond

Boringnummer 3 Deelgebied 1										X: 209074	Y: 452580
Diepte - mv (cm)	*Kleurcode*	*Reductie*	*Roest*	*Lutum*	*Leem*	*M50*	*Kalk*	*pH*	*Rijpingsgraad*	*Horizont*	*Bijzonderheden*
0 - 5	10Yr2/2	-	-	25 - 35					Gerijpt	A	
5 - 10	10Yr2/2	-	+	25 - 35			Kh	6.5	Bijna gerijpt	A	
10 - 30	10Yr4/3	-	+	17,5 - 25					Bijna gerijpt	A	
30 - 60	2,5Y3/2	-	-	17,5 - 25						AC	
60 - 100	2,5Y4/3	-	-			300 - 420	KA	6.5		C	GWS 80 cm - mv
											Woudeerdgrond

XLVIII. BOORSTATEN DEELGEBIED 2 DOTTERBLOEMHOOILAND

Boringnummer 1 Deelgebied 2										X: 208683	Y: 452120
Diepte - mv (cm)	*Kleurcode*	*Reductie*	*Roest*	*Lutum*	*Leem*	*M50*	*Kalk*	*pH*	*Rijpingsgraad*	*Horizont*	*Bijzonderheden*
0 - 10		-	+							A0	
10 - 30		-	+							A1	
30 - 120		-	+	300 - 420						C	
											Nesvaaggrond

Boringnummer 2 Deelgebied 2										X: 208680	Y: 452130
Diepte - mv (cm)	*Kleurcode*	*Reductie*	*Roest*	*Lutum*	*Leem*	*M50*	*Kalk*	*pH*	*Rijpingsgraad*	*Horizont*	*Bijzonderheden*
0 - 10				25 - 35						A	
10 - 30				> 35						C	
30 - 120						420 - 2000				C	
											Poldervaaggronden

Boringnummer 3 Deelgebied 2										X: 208651	Y: 452132
Diepte - mv (cm)	*Kleurcode*	*Reductie*	*Roest*	*Lutum*	*Leem*	*M50*	*Kalk*	*pH*	*Rijpingsgraad*	*Horizont*	*Bijzonderheden*
0 - 10	2,5Y3/1	-	-	25 - 35			KL	7	Bijna gerijpt	A	
10 - 60	2,5Y/1	-	+	25 - 35			KL	7	Gerijpt	C	
60 - 100	2,5Y3/1	-	-	> 35			KH	7	Gerijpt	C	
100 - 120	2,5Y5/2	-	-	> 35			KH	7	Gerijpt	C	Schelpjes
											Poldervaaggrond

XLIX. BOORSTATEN DEELGEBIED 3 DOTTERBLOEMHOOILAND

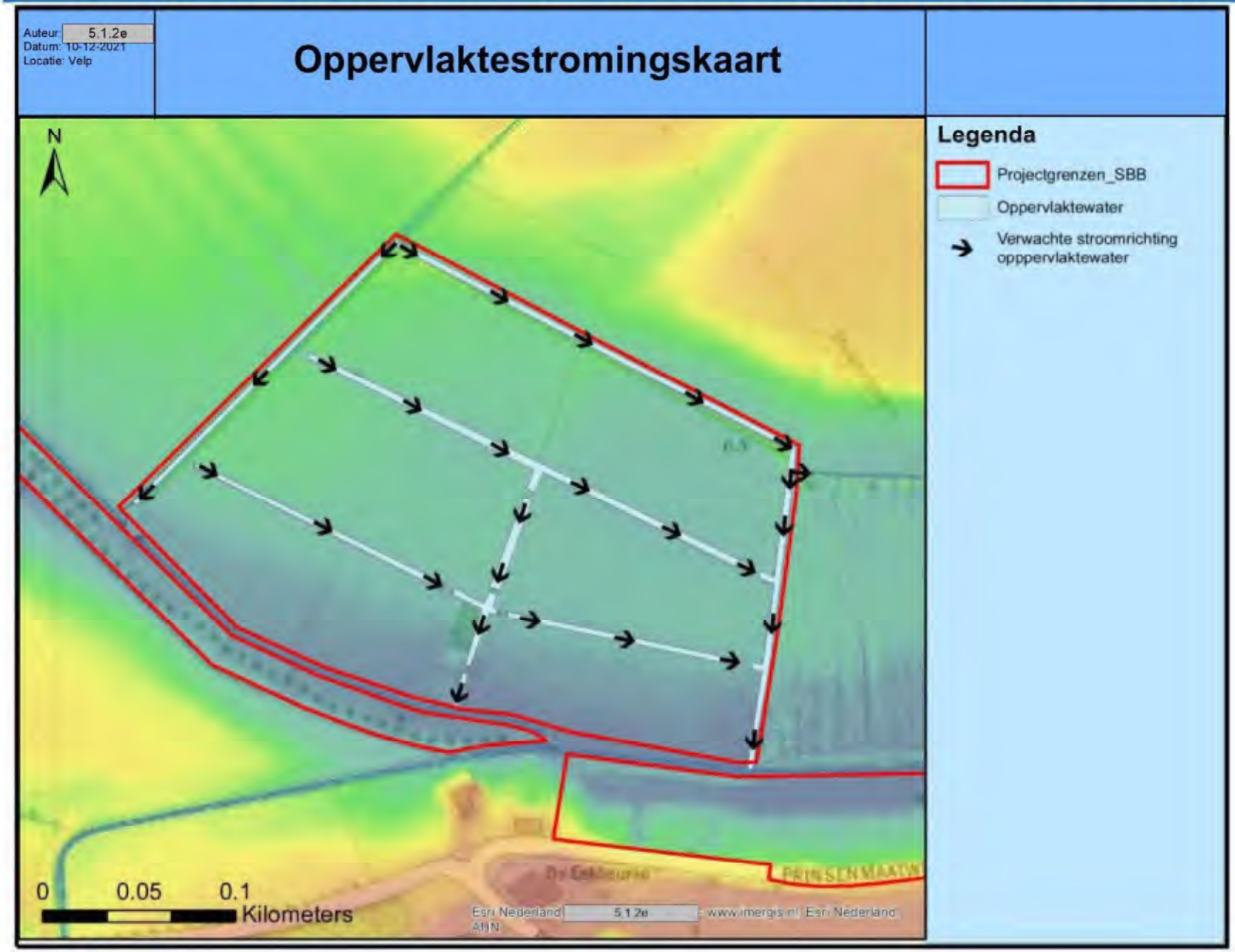
Boringnummer 1 Deelgebied 3										X: 208184	Y: 452347
Diepte - mv (cm)	*Kleurcode*	*Reductie*	*Roest*	*Lutum*	*Leem*	*M50*	*Kalk*	*pH*	*Rijpingsgraad*	*Horizont*	*Bijzonderheden*
0 - 20	10Yr4/2	-	+	25 - 35			KH	6.5	Gerijpt	A	
30 - 80	10Yr5/4	-	+	25 - 35			KA	6.5	Gerijpt	Cg	
80 - 120	10Yr6/4	-	+	25 - 35			KH	6.5	Gerijpt	Cg	GWS niet aangetroffen
											Poldervaaggrond

Boringnummer 2 Deelgebied 3										X: 208188	Y: 452291
Diepte - mv (cm)	*Kleurcode*	*Reductie*	*Roest*	*Lutum*	*Leem*	*M50*	*Kalk*	*pH*	*Rijpingsgraad*	*Horizont*	*Bijzonderheden*
0 - 10	10Yr6/1	-	+	> 35			KH	6.8	Gerijpt	A	
10 - 110	10Yr5/2	-	+	> 35			KA	6.8	Gerijpt	Cg	
110 - 120	10Tr4/3	-	+	> 35			KH	6.8	Gerijpt	Cg	GWS niet aangetroffen
											Poldervaaggrond

Boringnummer 3 Deelgebied 3										X: 208181	Y: 452197
Diepte - mv (cm)	*Kleurcode*	*Reductie*	*Roest*	*Lutum*	*Leem*	*M50*	*Kalk*	*pH*	*Rijpingsgraad*	*Horizont*	*Bijzonderheden*
0 - 10				25 - 35						A0	
10 - 20				25 - 35						A1	
20 - 120					10 - 17,5					C	GWS 1 m - mv
											Poldervaaggrond

Boringnummer 4 Deelgebied 3										X: 208181	Y: 452141
Diepte - mv (cm)	*Kleurcode*	*Reductie*	*Roest*	*Lutum*	*Leem*	*M50*	*Kalk*	*pH*	*Rijpingsgraad*	*Horizont*	*Bijzonderheden*
0 - 20	10Yr2/2	-	+	25 - 35			KH	7		A	
20 - 40	10Yr4/2	-	+	> 35			KH	7.5		Cg	
40 - 120	10Yr4/1	-	+	> 35			KA	7.5		Cg	
											Poldervaaggrond

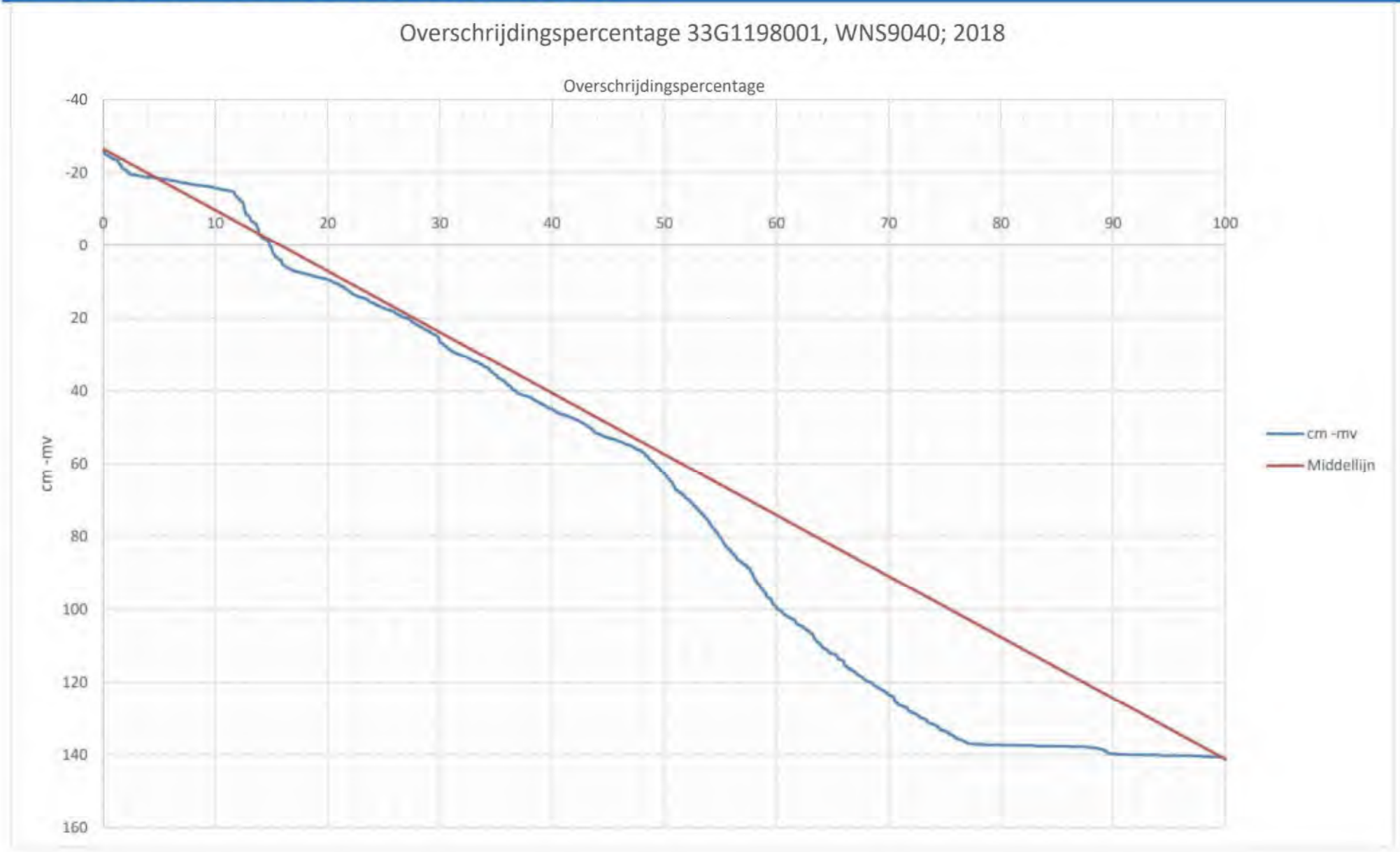
L. OPPERVLAKTESTROMINGSKAART VAN VERWACHTE STROOMRICHTING VAN SLOTEN IN HET DOTTERBLOEMHOOILAND



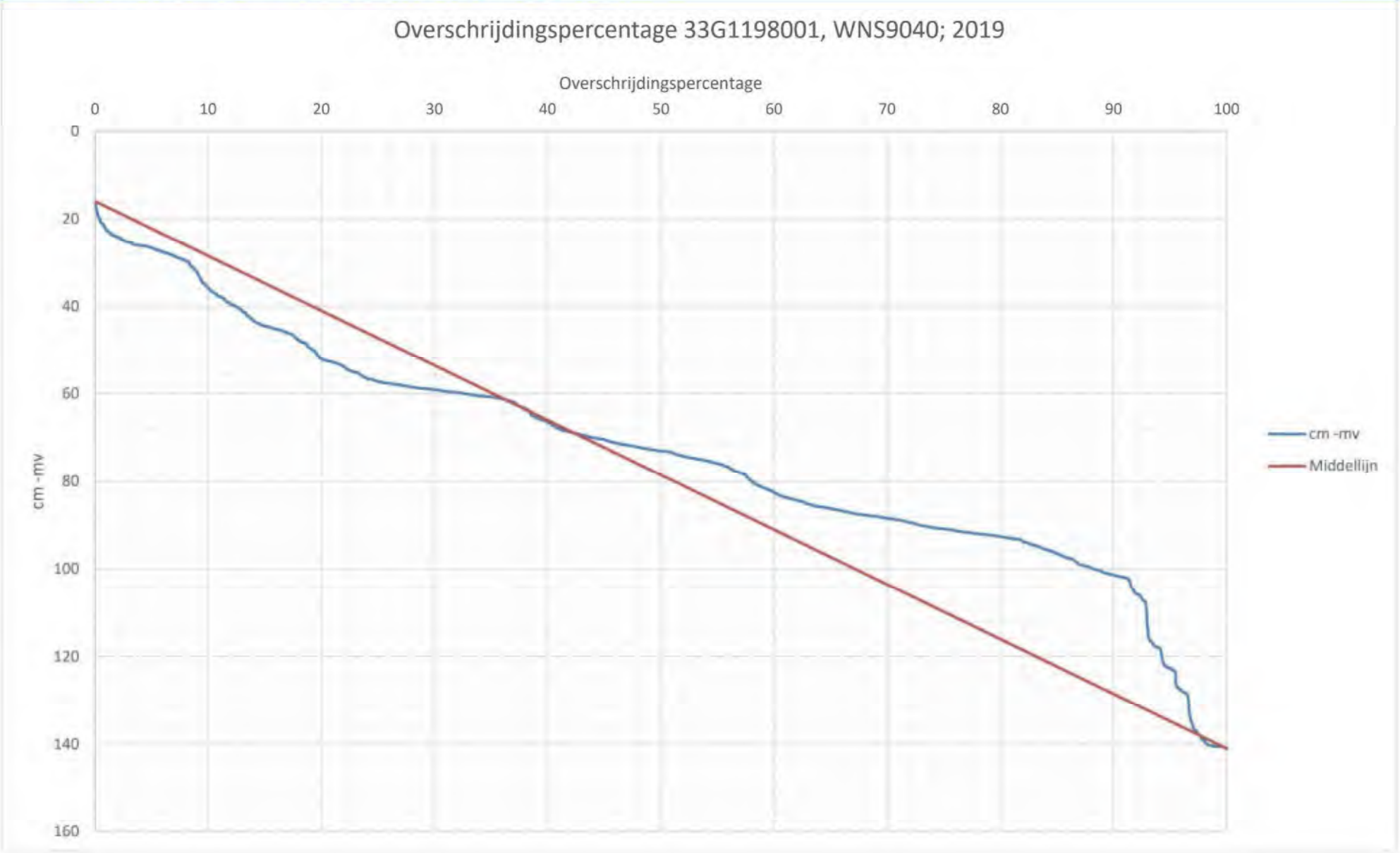
LI. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJN PEILBUIS 33G1198001 2016

LII. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJN PEILBUIS 33G1198001 2017

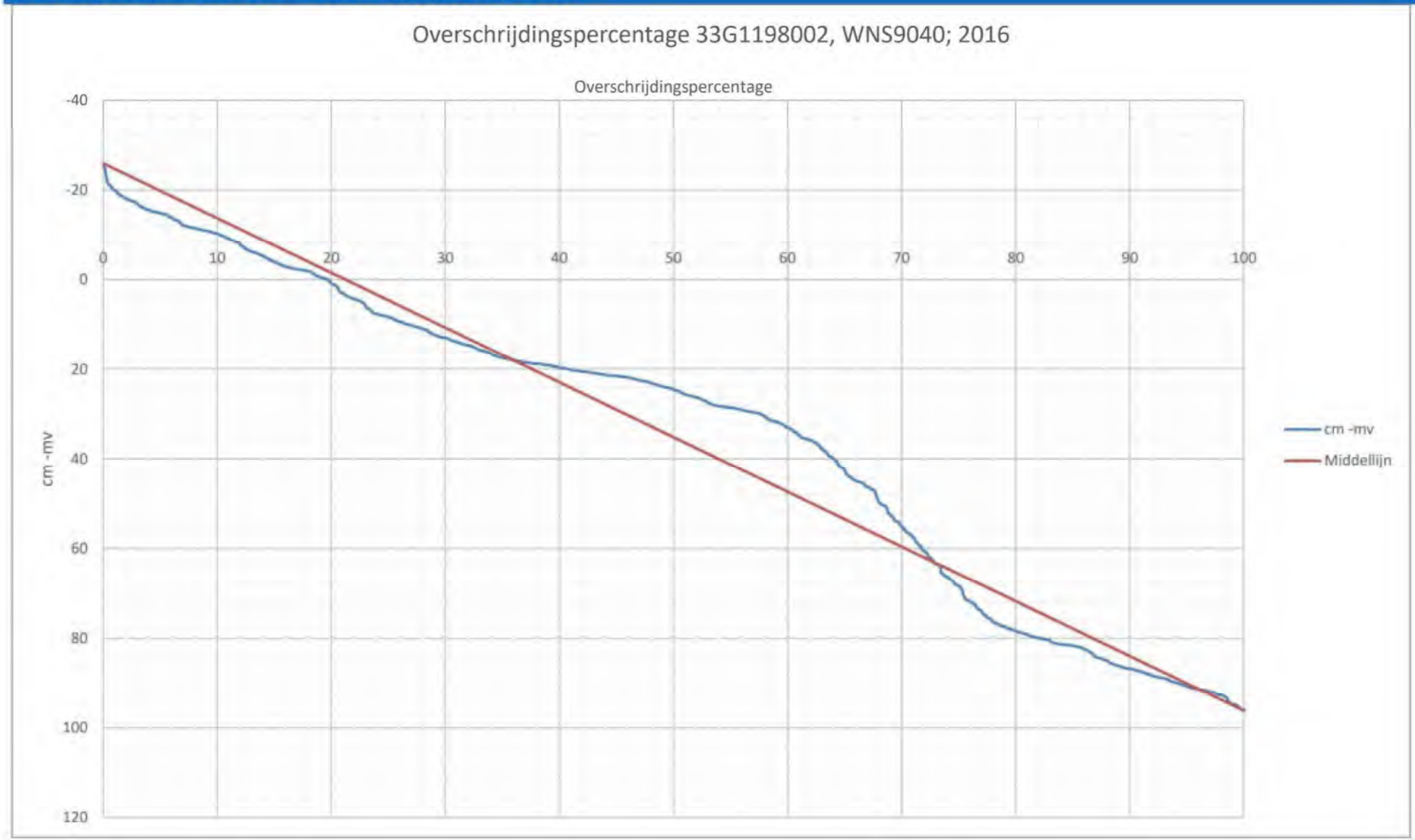
LIII. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJN PEILBUIS 33G1198001 2018



LIV. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJN PEILBUIS 33G1198001 2019



LV. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJN PEILBUIS 33G1198002 2016

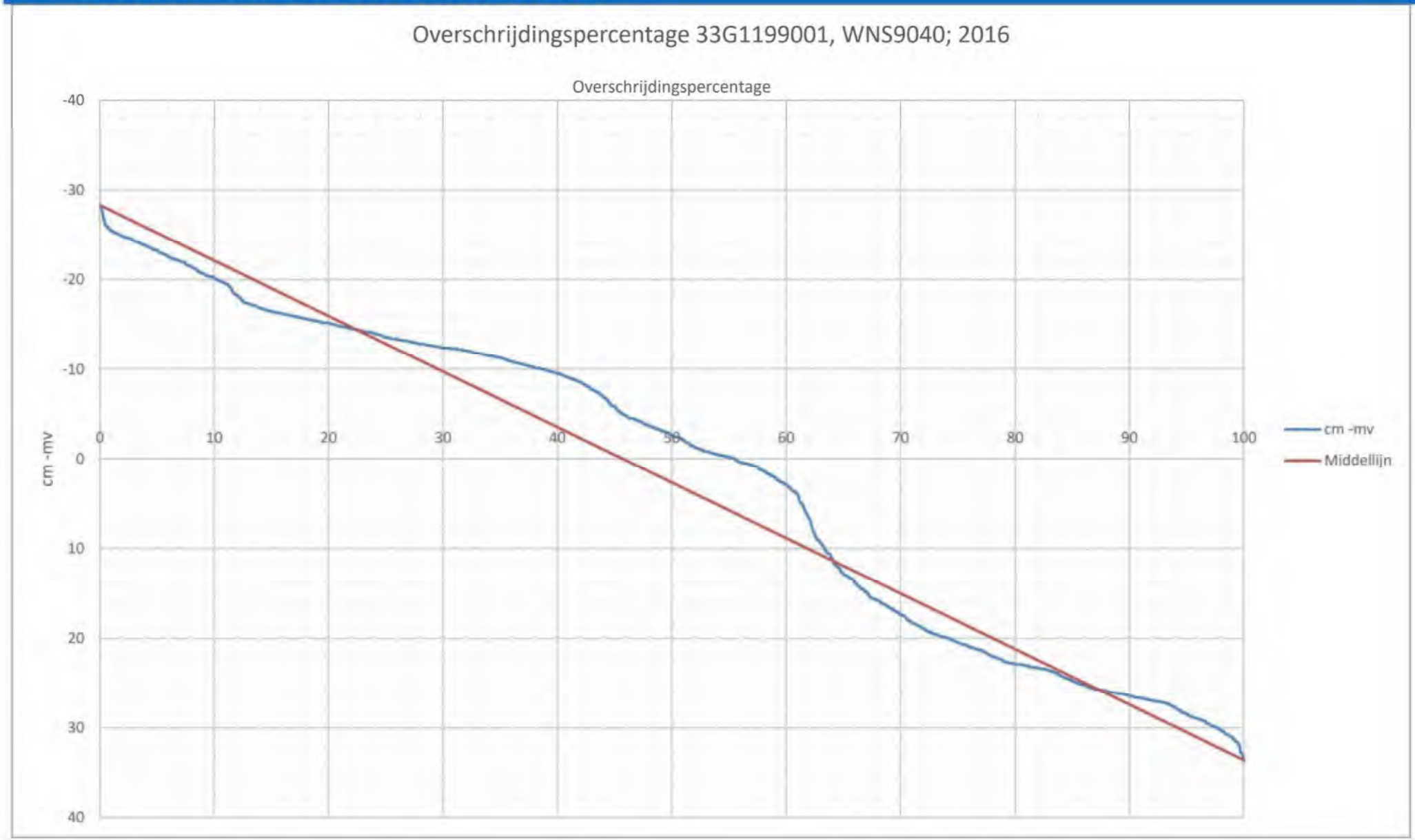


LVI. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJN PEILBUIS 33G1198002 2017

LVII. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJN PEILBUIS 33G1198002 2018

LVIII. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJN PEILBUIS 33G1198002 2019

LIX. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJN PEILBUIS 33G1199001 2016

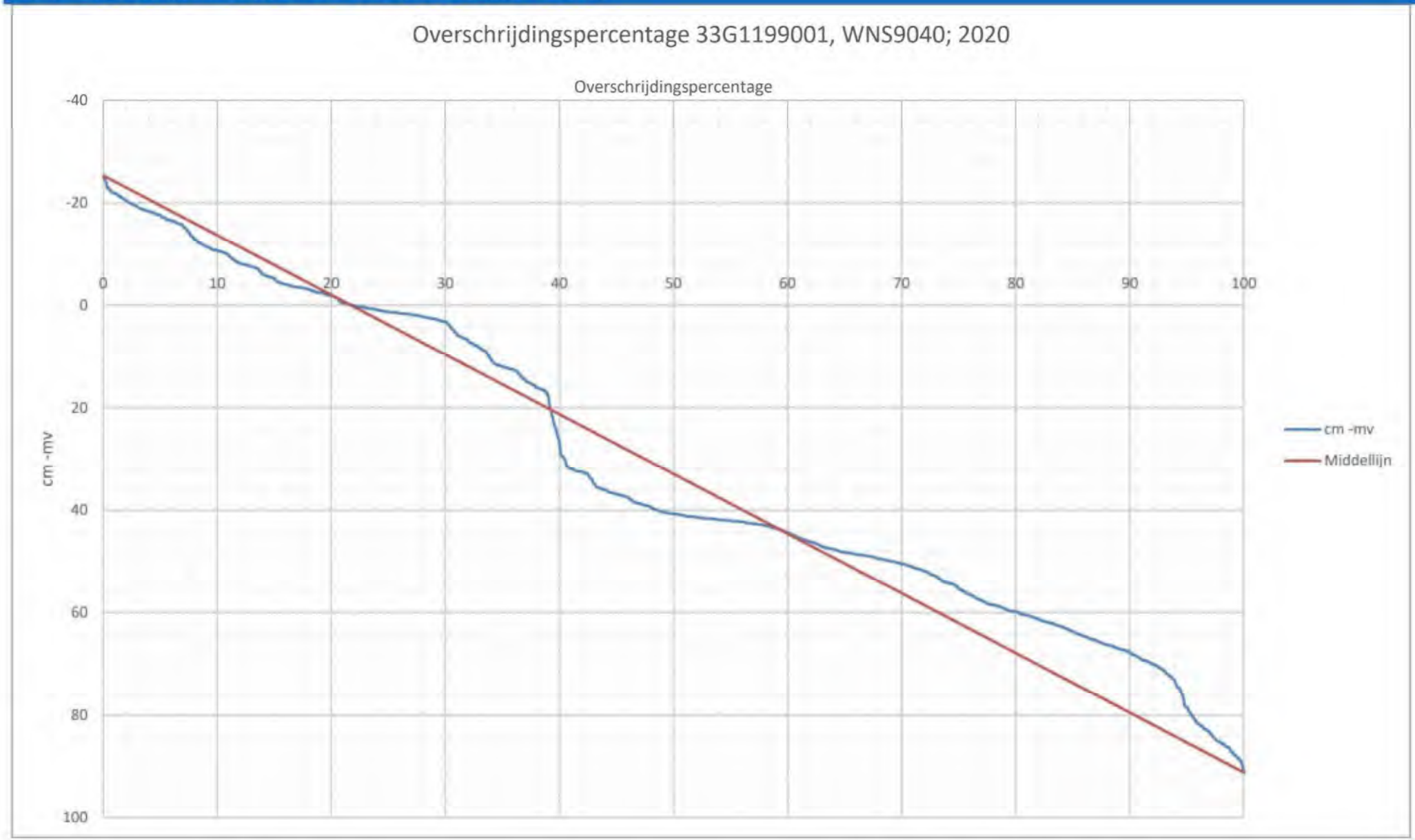


LX. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJN PEILBUIS 33G1199001 2017

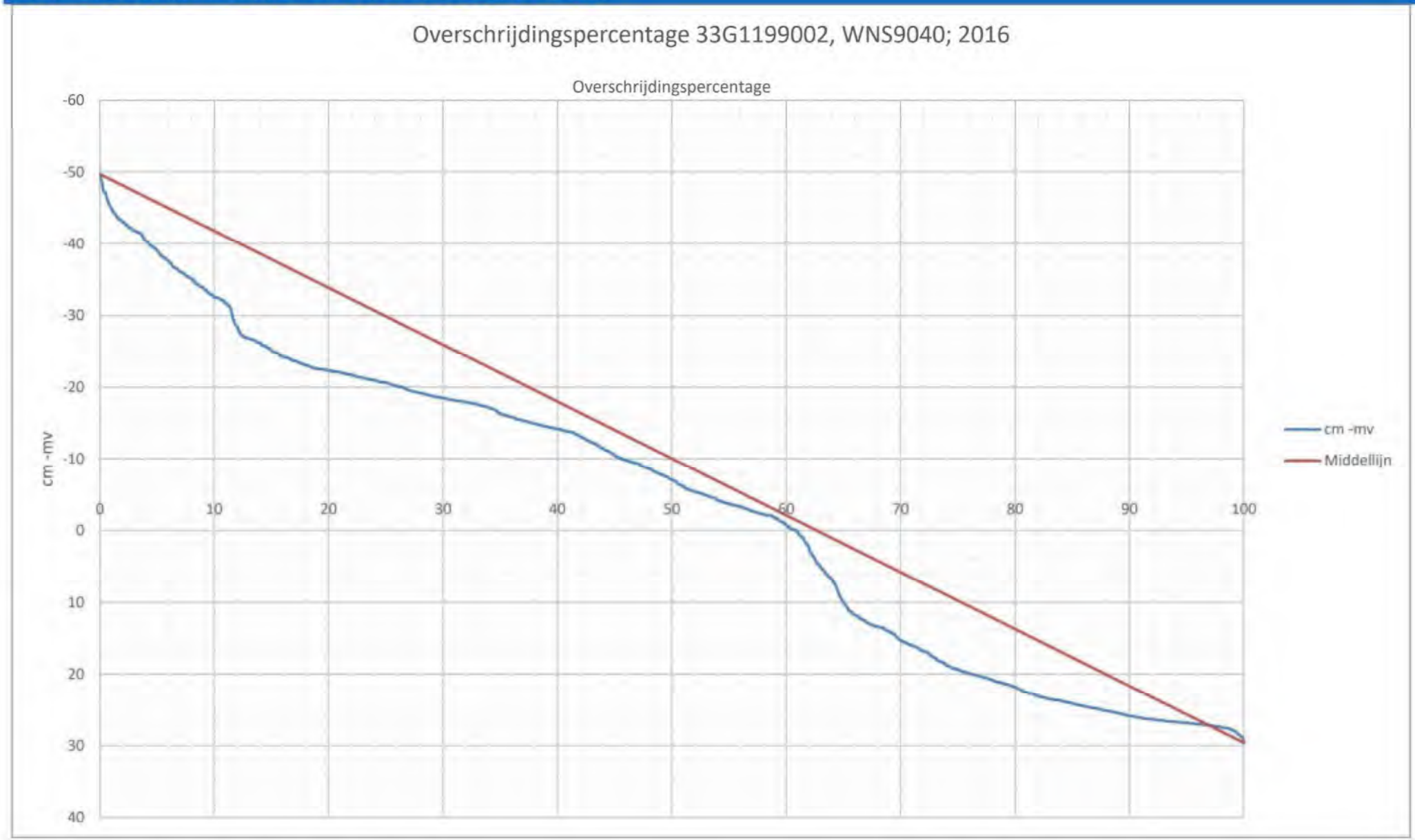
LXI. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJN PEILBUIS 33G1199001 2018

LXII. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJN PEILBUIS 33G1199001 2019

LXIII. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJN PEILBUIS 33G1199001 2020



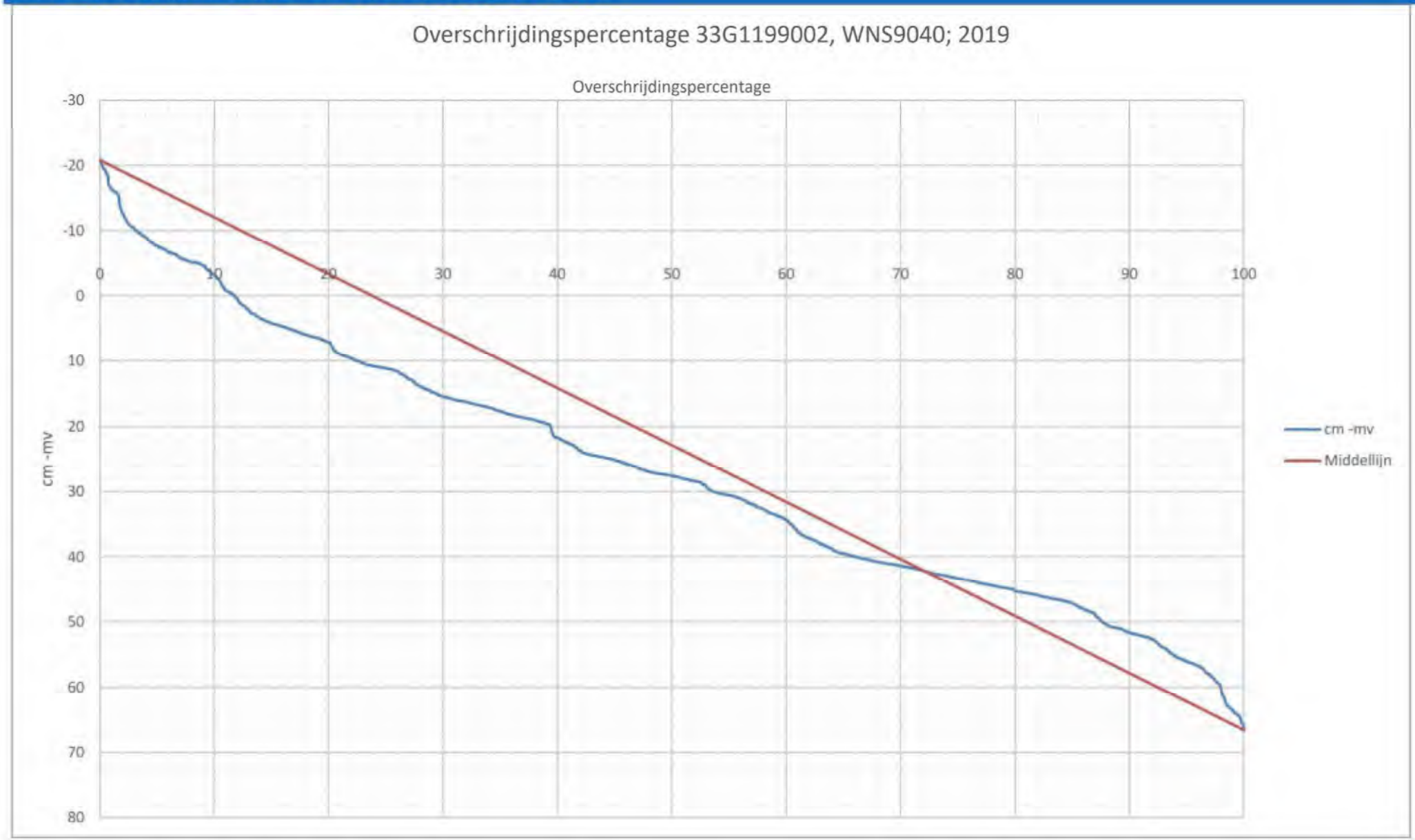
LXIV. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJN PEILBUIS 33G1199002 2016



LXV. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJN PEILBUIS 33G1199002 2017

LXVI. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJN PEILBUIS 33G1199002 2018

LXVII. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJN PEILBUIS 33G1199002 2019

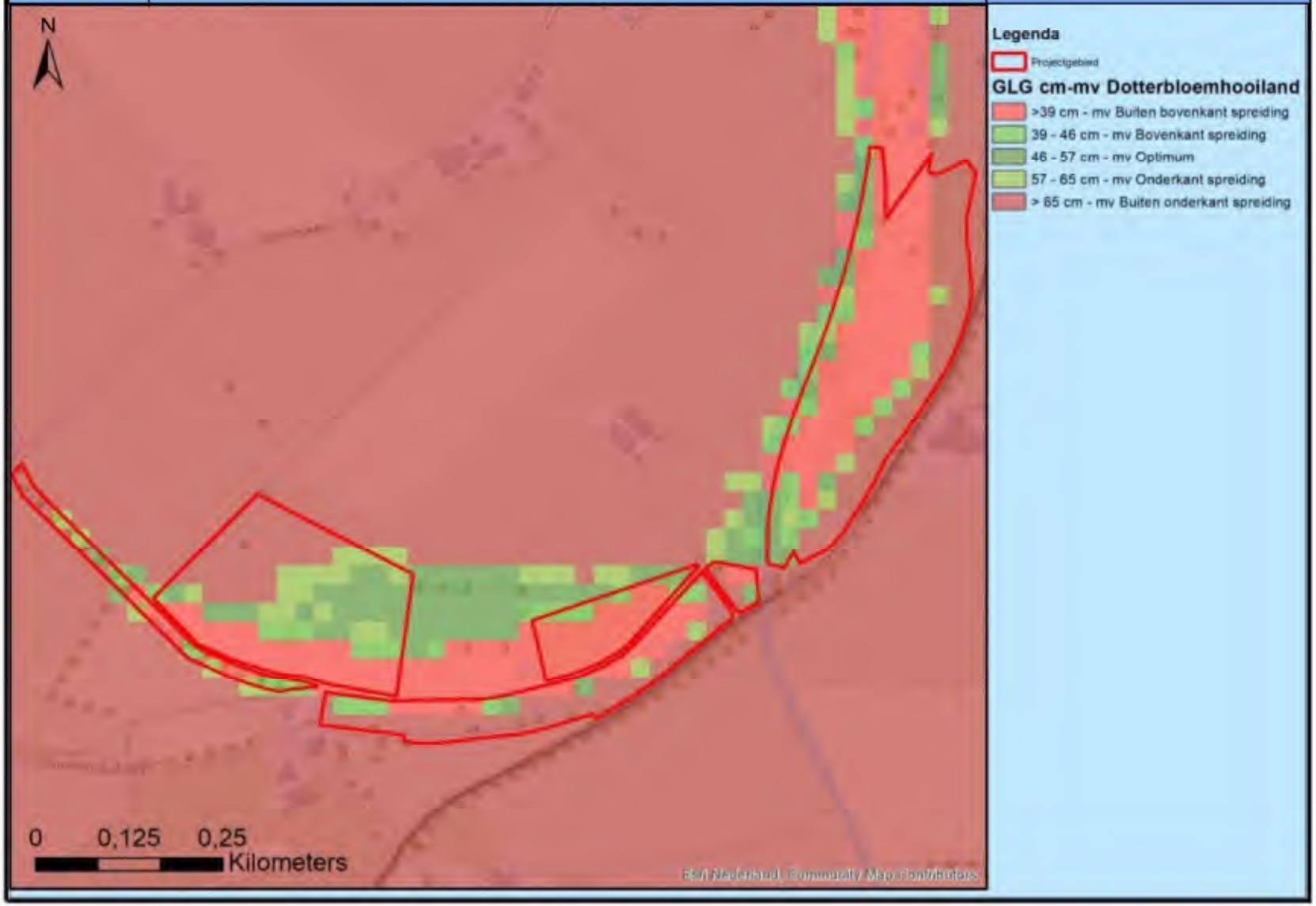


LXVIII. OVERSCHRIJDINGSDUURLIJN PEILBUIS 33G1199002 2020

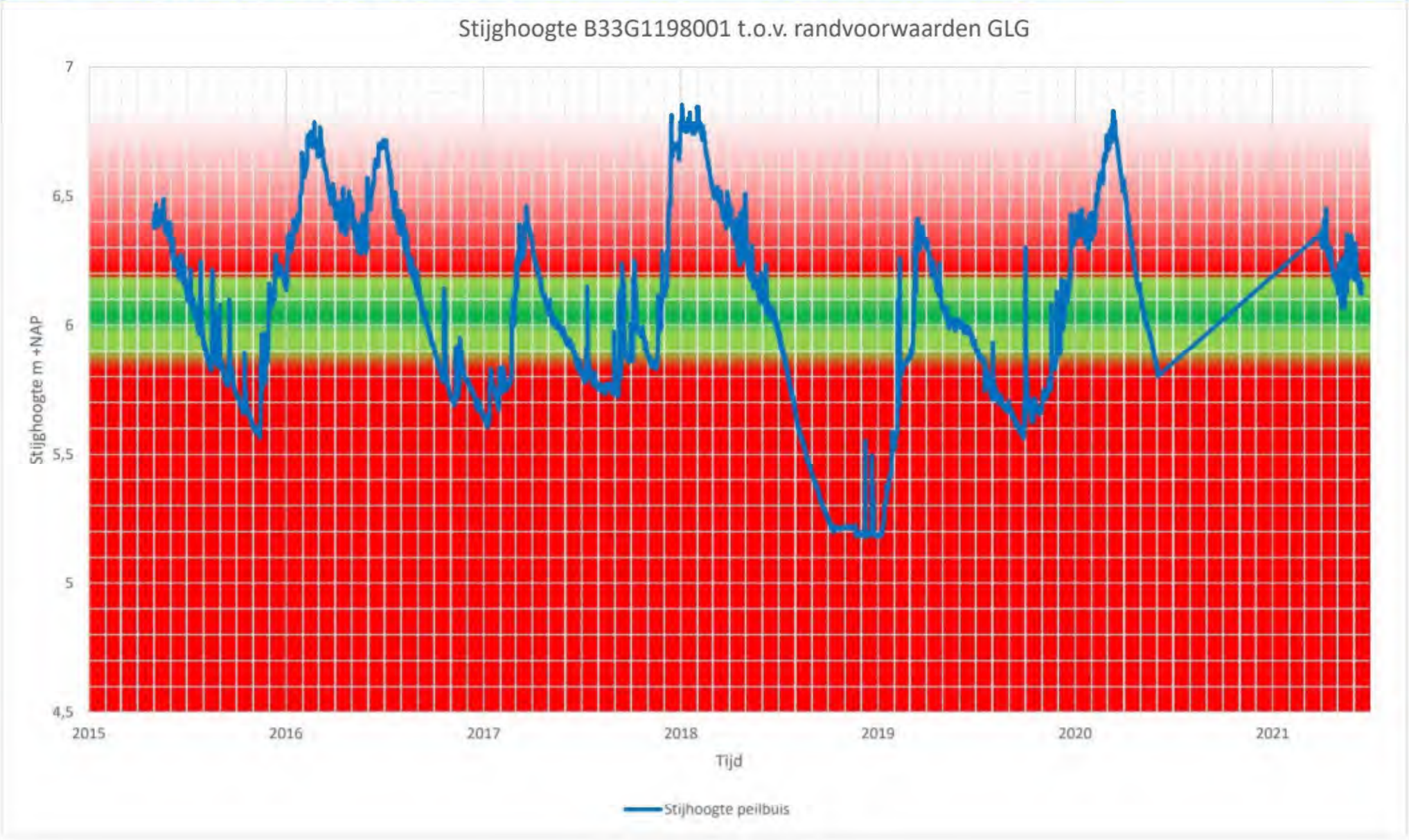
LXIX. VERGELIJKING GLG (CM -MV) RANDVOORWAARDEN MET DOTTERBLOEMHOOILAND

Auteur: 5.1.2e
Datum: 08-12-2021
Locatie: Velp

GLG (cm-mv) referentiewaarden Dotterbloemhooiland



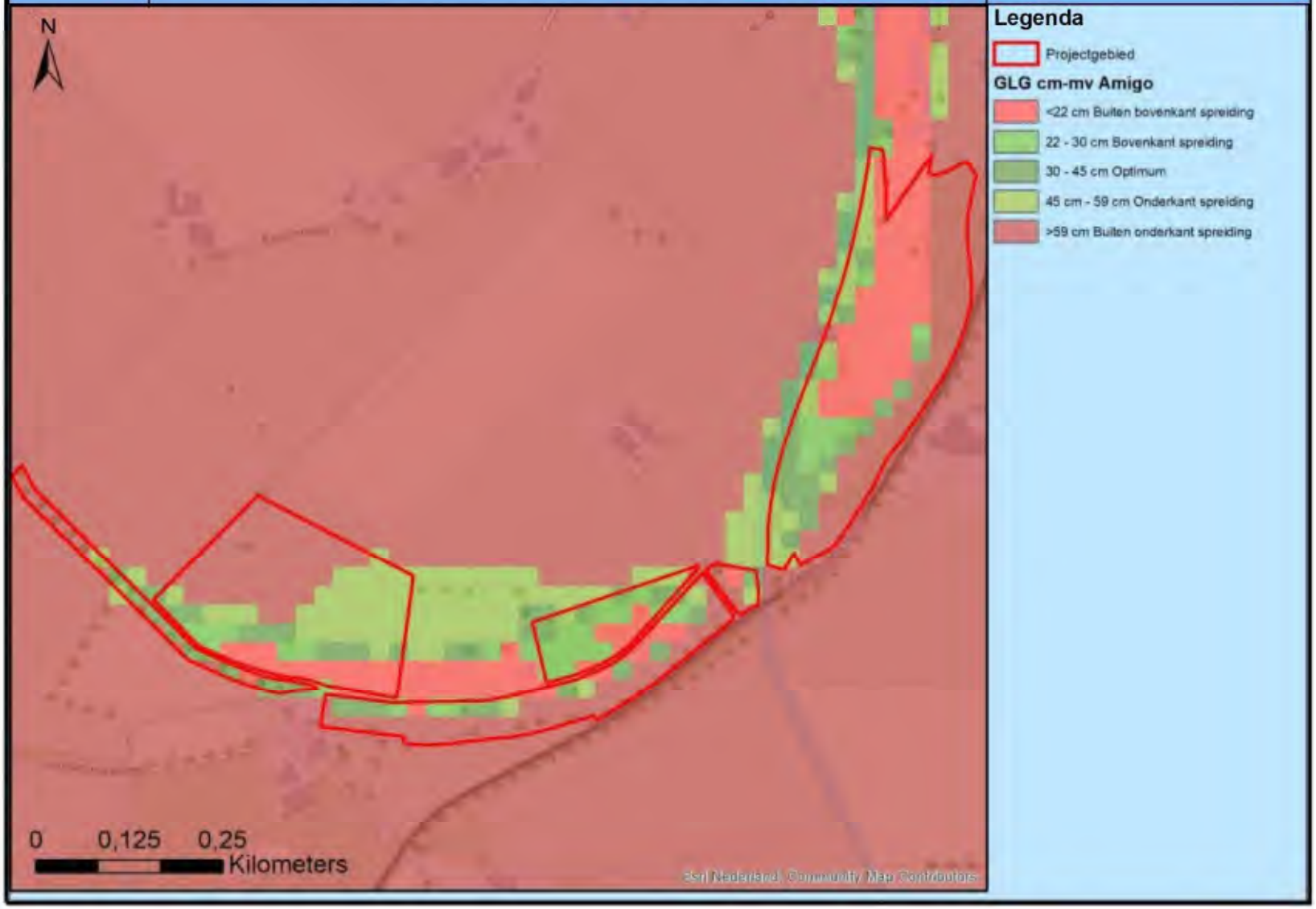
LXX. STIJGHOOGTEVERLOOP PEILBUIS B33G98001 T.O.V. RANDVOORWAARDEN GLG DOTTERBLOEMHOOILAND



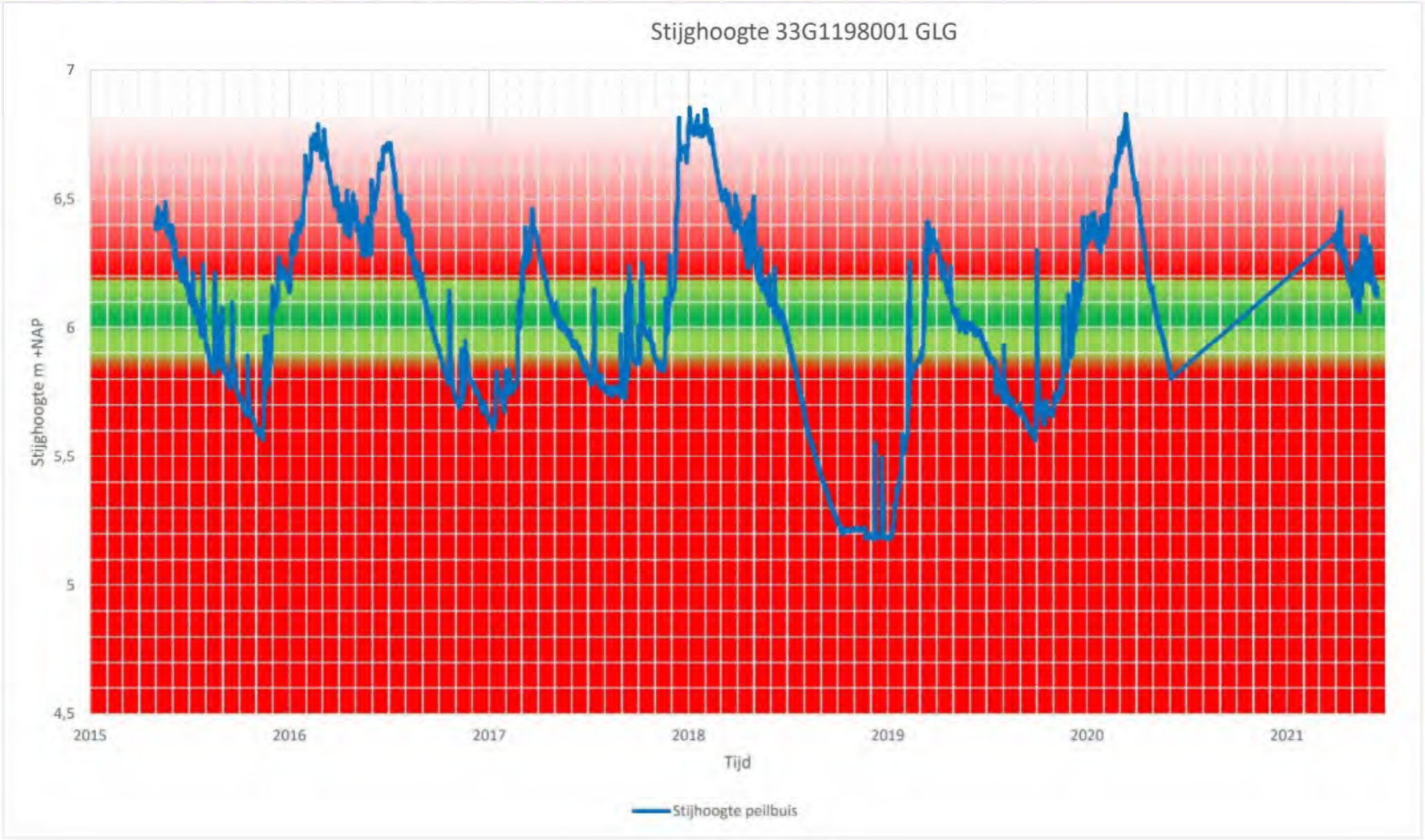
LXXI. VERGELIJKING GLG (CM -MV) RANDVOORWAARDEN MET GROTE ZEGGEMOERAS

Auteur: 5.1.2e
Datum: 06-12-2021
Locatie: Velp

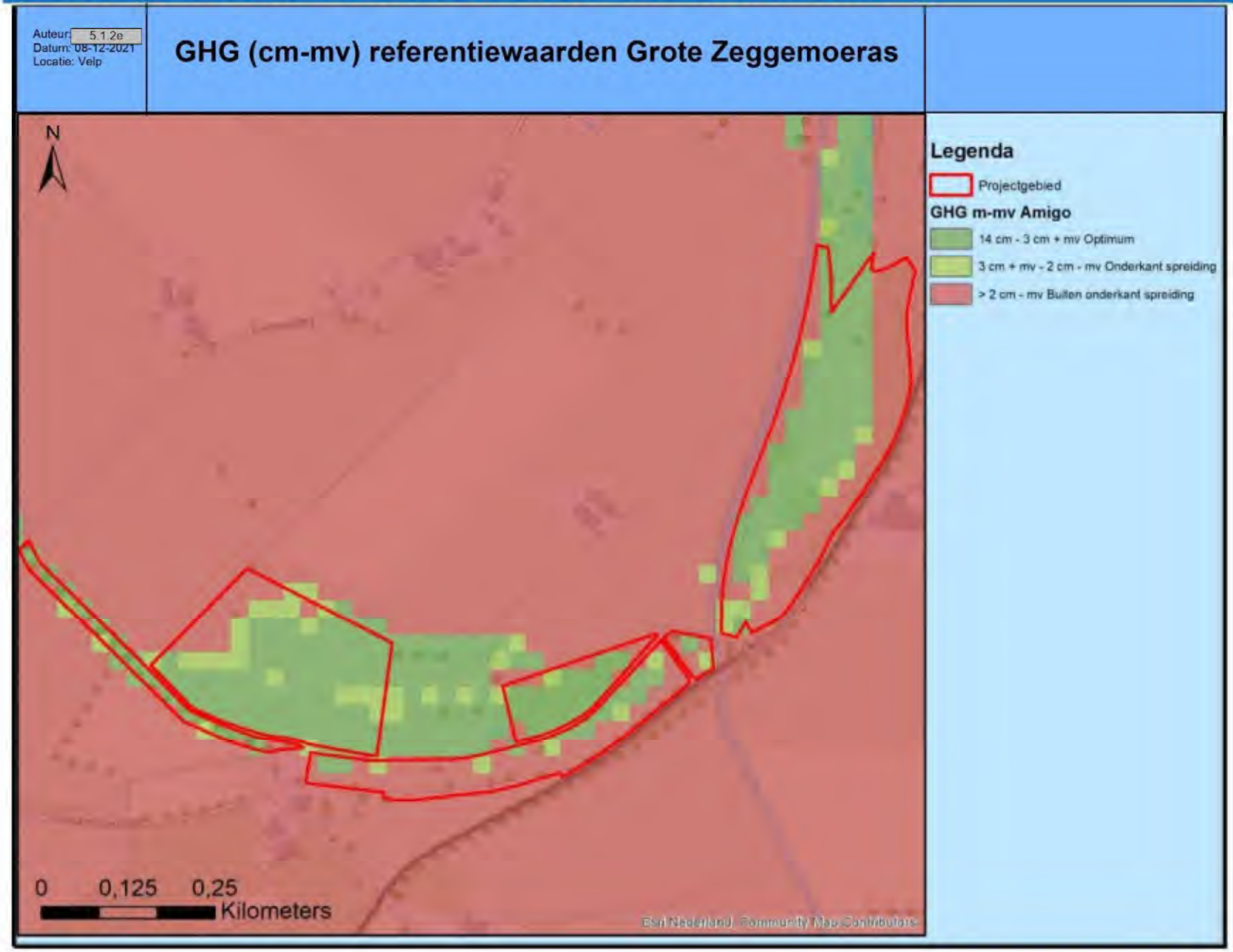
GLG (cm-mv) referentiewaarden Grote Zeggemoeras



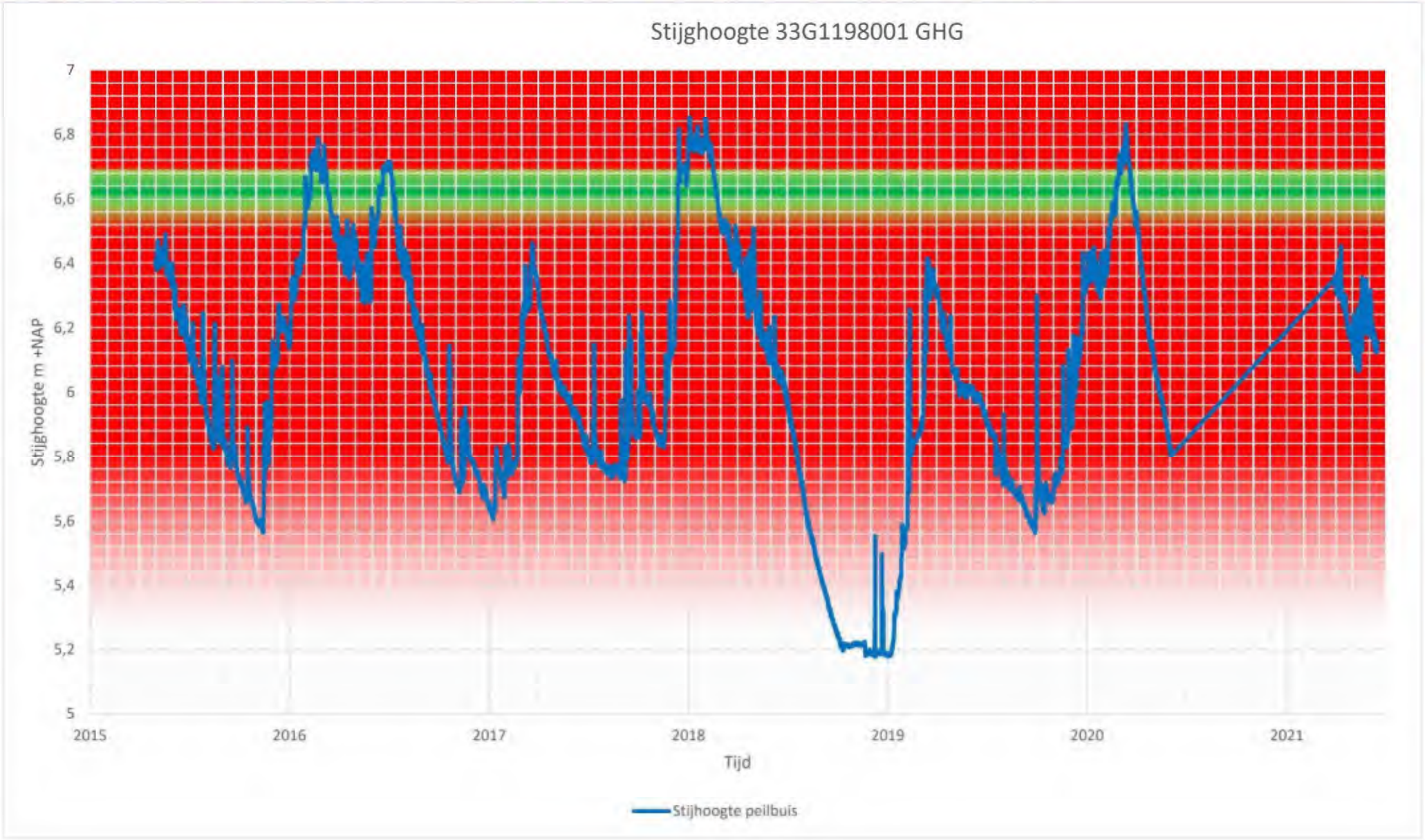
LXXII. STIJGHOOGTEVERLOOP PEILBUIS B33G99001 T.O.V. RANDVOORWAARDEN GLG GROTE ZEGGEMOERAS



LXXIII. VERGELIJKING GHG (CM -MV) RANDVOORWAARDEN MET GROTE ZEGGEMOERAS



LXXIV. STIJGHOOGTEVERLOOP PEILBUIS B33G99001 T.O.V. RANDVOORWAARDEN GHG GROTE ZEGGEMOERAS



Auteur: 5.1.2e
Datum: 14-12-2021
Locatie: Velp

Plaatsing stuwen

Legenda

- Projectgrenzen_SBB
- Oppervlaktewater
- Hoofdstuwen
- Tussenstuwen
- Verwachte strommingsrichting oppervlaktewater

GLG cm-mv Dotterbloemhooiland

- >39 cm - mv Buiten bovenkant spreiding
- 39 - 46 cm - mv Bovenkant spreiding
- 46 - 57 cm - mv Optimum
- 57 - 65 cm - mv Onderkant spreiding
- > 65 cm - mv Buiten onderkant spreiding

Ecohydrologische studie Achterwaterschap:
effect van peilverlaging op grondwaterafhankelijke vegetaties

Definitief eindrapport
5.1.2e 2020-23
11 november 2020

In opdracht van: Infram

5.1.2e – Ecologie

Inhoudsopgave

1. Kader en aanleiding ecohydrologische studie 2
2. Het Natuurnetwerk Nederland 4
    2.1. Beleid en toetskader 4
    2.2. Het NNN langs het Achterwaterschap 4
3. Wat vooraf ging en de onderzoeksvragen 7
    3.1. Eerdere studies en inzichten 7
    3.2. Onderzoeksvragen 7
4. Ecohydrologische studie 9
5. Resultaten 12
    5.1. Vegetatie 12
    5.2. Bodemchemisch en grondwaterkwaliteitsonderzoek 14
        5.2.1. Bodemchemisch onderzoek 14
        5.2.2. Grondwaterkwaliteit 16
    5.3. Geohydrologie 17
6. Discussie en conclusie 19
    6.1. Discussie 19
    6.2. Conclusie 21
7. Literatuur 23

Bijlagen

1. Locatie peilbuizen grondwaterstandsmeting en de 12 bemonsterde locaties
2. Grondwaterstanden in de peilbuizen
3. Deelgebieden geohydrologisch onderzoek
4. Analysemethoden water- en bodemmonsters
5. Toelichting gebruikt hydrologisch model

60259 0048

1. Kader en aanleiding ecohydrologische studie

In het kader van een robuust en toekomstbestendig watersysteem verkent Waterschap Rivierenland (WSRL) verschillende watersysteemmaatregelen. Eén van die maatregelen is het verlagen van het huidige peil in het Achterwaterschap. Het Achterwaterschap is onderdeel van de Lage Boezem van de Overwaard en wordt onderdeel van de Lage boezem van de Nederwaard (figuur 1). Door deze ingreep zal het boezempeil in het Achterwaterschap met 15 cm zakken; van het huidige peil van NAP – 0,75 m naar een toekomstig peil van NAP -0,90 m en krijgt het een minimum peil van NAP -1,20 m en maximum peil van NAP -0,80 m. Hiertussen mag het peil fluctueren.

Figuur 1. Ligging van het Achterwaterschap (groen).

Het Achterwaterschap en een groot deel van de aanliggende boezemlandjes, kaden en polderdelen zijn begrensd als Natuurnetwerk Nederland (NNN). Een groot deel hiervan is tevens begrensd als Natura 2000-gebied (Donkse Laagten). Een deel van de buitenkaads gelegen boezemlanden en de kadeteen (het deel tussen de kade en de teensloot) bestaat uit bijzondere vegetaties zoals dotterbloemhooiland en blauwgrasland. Deze vegetaties komen ook voor in de zogenaamde uitstekken. Dit zijn polderdelen (dus gelegen achter de teensloot) waar een ondiepe laag klei (klei-op-veen) is gewonnen voor de aanleg van de kade (tichelen). Daarmee ligt het maaiveld van de uitstekken lager en als gevolg daarvan de grondwaterstand aldaar dichter aan maaiveld dan in de niet-getichelde percelen. In het kader van natuurontwikkeling zijn in de afgelopen jaren op meerdere locaties uitstekken gemaakt. Dotterbloemhooiland en blauwgrasland zijn vegetaties die gebonden zijn aan matig voedselrijke tot matig voesdelarme, natte tot vochtige, basenrijke standplaatsen. Daarmee zijn deze vegetaties gebonden aan jaarrond (relatief) hoge grondwaterstanden en aan condities waardoor de basenrijkdom in stand blijft. Dit laatste kan gebeuren door aanrijking door middel van (kade)kwel, maar dat is niet noodzakelijk.

Op voorhand is het niet uit te sluiten dat er als gevolg van de peilverlaging effecten zijn op de bijzondere vegetaties van de boezemlanden, de kadeteen en de uitstekken. Dit omdat er mogelijk een relatie bestaat tussen het boezempeil en de hoge grondwaterstanden in genoemde gebieden. Mogelijk is er ook sprake van aanrijking met basen als gevolg van kadekwel. Vanuit het beschermingsregime van het NNN en Natura 2000 is het verplicht om eventuele ecologische effecten in beeld te brengen, effecten te mitigeren dan wel te compenseren.

De voornoemde watersysteemmaatregelen zijn uitgewerkt in een Ontwerp partiële herziening van het peilbesluit Alblasserwaard (uit 2016). Op dit Ontwerp heeft de Provincie Zuid-Holland een zienswijze

ingediend, waarin zij om nader onderzoek naar de effecten van de peilverlaging op het NNN vraagt, zodat een uitspraak mogelijk is of er sprake is van significante aantasting van wezenlijke waarden en kenmerken (NNN) of dat significant negatieve effecten niet zijn uit te sluiten (Natura 2000).

Hier wordt opgemerkt dat hoewel de Donkse Laagten alleen zijn aangewezen als Natura 2000-gebied onder de Europese Vogelrichtlijn, de als habitattypen kwalificerende vegetaties wel degelijk een beschermde status hebben. Voor de beoordeling van de effecten is dit evenwel minder van belang omdat de vegetaties sowieso bescherming genieten vanuit het NNN. Derhalve vormt hier het NNN het toetskader voor de peilverlaging.

Vanwege de geschetste afhankelijkheid tussen boezempeil en grondwaterstand is het nodig om meer duidelijkheid te verkrijgen over de huidige standplaatscondities van het NNN en de robuustheid ervan – meer specifiek: de dotterbloemhooiland- en blauwgraslandvegetaties. Die robuustheid uit zich in de mate waarin de grondwaterstanden binnen het preferente bereik liggen van genoemde vegetaties en de bodemchemische condities, met name de basenverzadiging en basenrijkdom. Door dit in beeld te brengen is het effect is van de peilverlaging en de daaruit volgende grondwaterstandsdaling op deze vegetaties beter in te schatten.

2. Het Natuurnetwerk Nederland

2.1. Beleid en toetskader

Het regime ter bescherming van het Natuurnetwerk Nederland (NNN, voorheen EHS) is in hoofdlijnen verankerd in de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR) en nader uitgewerkt in het Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro) en de provinciale verordening Ruimte. Binnen Natuurnetwerk Nederland is het 'nee, tenzij'-regime van toepassing. Plannen, projecten of handelingen worden volgens dit regime beoordeeld.

Provincie Zuid-Holland heeft het beleid rondom het Natuurnetwerk Nederland juridisch verankerd in de Visie Rijke Groenblauwe Leefomgeving en de Omgevingsverordening Zuid-Holland.
Het ruimtelijk beleid voor het NNN is gericht op het behoud, het herstel en de ontwikkeling van de wezenlijke kenmerken en waarden van een gebied. De bescherming van deze waarden vindt plaats door toepassing van een specifiek afwegingskader: het zogenaamde 'nee, tenzij'-regime. Dat betekent dat nieuwe plannen en projecten niet zijn toegestaan als deze een significant negatief effect hebben op de wezenlijke kenmerken en waarden van het gebied, tenzij daarmee een groot openbaar belang gediend is en er geen reële alternatieven voorhanden zijn. In dat geval moet de schade zoveel mogelijk beperkt worden door het treffen van mitigerende maatregelen en moet de resterende schade gecompenseerd worden. Hiervoor is een ontheffing van deze verordening van Gedeputeerde Staten vereist. Een verzoek om ontheffing op basis van het 'nee, tenzij'-regime dient vergezeld te gaan van een compensatieplan waaruit blijkt hoe, waar en wanneer de mitigerende en compenserende maatregelen zullen worden getroffen, wat de begrenzing van het compensatiegebied is en op welke wijze de compensatie duurzaam verzekerd is.

De wezenlijke kenmerken en waarden van het NNN zijn gekoppeld aan de natuurdoelen voor een gebied. Deze zijn te vinden in het 'Natuurbeheerplan Zuid-Holland', het portaal natuur en landschap[1] en de aanwijzingsbesluiten voor de Natura 2000-gebieden.

2.2. Het NNN langs het Achterwaterschap

Figuur 2 toont het NNN zoals dat begrensd is langs het Achterwaterschap. Aan de noord- en zuidzijde van het Achterwaterschap is het NNN op een enkele locatie na (Zijdebrug en Donkse Laagten) beperkt tot de kadeteen. Figuur 3 toont de beheertypenkaart (huidige natuur) en figuur 4 de ambitiekaart (Natuurbeheerplan 2020).

Figuur 2. Begrenzing van het NNN langs het Achterwaterschap. Groen=bestaande en nieuwe natuur, rood=ecologische verbinding.

[1] *www.portaalnatuurenlandschap.nl/themas/overzicht-typen-natuur-en-landschapoord-*

Figuur 3. Beheertypenkaart (Natuurbeheerplan 2020).

Figuur 4. Ambitiekaart (Natuurbeheerplan 2020).

Uit de vergelijking van figuur 3 met figuur 4 wordt duidelijk dat een groot deel van het NNN nog niet is ingericht. Figuur 5 zoomt in op het gebied rondom de Zijdebrug.

Figuur 5. Ambitietypen (alleen de graslanden) rondom de Zijdebrug.

Het ambitietype voor zowel de noordelijke als zuidelijk kadeteen ten westen van de Zijdebrug (tot aan Kinderdijk) is kruiden- en faunarijk grasland (N12.02). Ten oosten gaat het voornamelijk om nat schraalland (M10.01) en op een enkele plek om vochtig hooiland (N10.02). Voor de uitstekken en overige polderdelen bestaan de ambitietypen uit nat schraalland (de SBB-eigendommen rondom de Zijdebrug), vochtig hooiland en vochtig weidevogelgrasland (N13.01, Donkse Laagten). Kruiden- en faunarijk grasland en vochtig weidevogelgrasland zijn niet grondwaterafhankelijk. Voor vochtig weidevogelgrasland geldt wel dat hoge grondwaterstanden (tot op maaiveld) met name in de winter en het hele vroege voorjaar gewenst zijn maar dat is met polderpeilbeheer te realiseren. Dit beheertype ligt niet als ambitie op de kadeteen. Voor kruiden- en faunarijk grasland geldt die voorwaarde niet.

De voorgenomen peilverandering kan alleen ecologische effecten hebben op de beheer- en ambitietypen nat schraalland en vochtig hooiland.

3. Wat vooraf ging en de onderzoeksvragen

3.1. Eerdere studies en inzichten

In 2019 is een eerste inschatting gemaakt van de mogelijke effecten van de peilwijziging. Hierbij zien veranderingen in het grondwaterregime berekend met behulp van een grondwatermodel (Van Doorn, 2019). De resultaten van de dwarsprofielberekeningen wijzen uit dat de effecten (> 5 cm) zich beperken tot de boezemkade zelf. De berekende effecten op de grondwaterstand bedragen bij de insteek van het Achterwaterschap 15 cm en deze nemen af richting de teensloot naar 2 tot 6 cm. Er worden geen effecten (> 5 cm) berekend op de grondwaterstand achter de teensloot (dus in de uitstekken). Fluxveranderingen van de sloten beperken zich tot de teensloot naast het Achterwaterschap. Alleen als de deklaag dunner is dan 7 m of lokaal ondiep een zandbaan voorkomt, wordt een effect van de peilverlaging van 1 tot 2 cm op de grondwaterstand en/ of de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket berekend.

Vervolgens is met een expert-beoordeling van de mogelijk effecten van de voorgenomen peilverlaging op de ecologie, in het bijzonder op de vegetatie (Van de Haterd & Jalink, 2020). Hierbij is geconcludeerd dat zich in de kadeteen verspreid langs het hele Achterwaterschap vegetaties bevinden die gevoelig kunnen zijn voor een lagere grondwaterstand of afname van kwel. Het gaat primair (inderdaad) om blauwgrasland en dotterbloemhooiland. Blauwgrasland is uitsluitend waargenomen ter hoogte van de Donkse Laagten en in een kort traject ten oosten van het Natura 2000-gebied Kinderdijk. Dotterbloemhooilandvegetatie komt voor langs het hele traject. Het waterschap heeft een inschatting gemaakt van het areaal 'vlakke kadeteen', met een helling van 0 tot 5° en een breedte van minstens 5 meter. Dit areaal bedraagt 2,81 ha en is het potentiële areaal grondwaterafhankelijke vegetaties in de kadeteen. Door de peilverlaging daalt de grondwaterstand in de kade en neemt de kwelflux af. Uit (stationaire) modelberekeningen blijkt dat de dijksloot alle kwel afvangt en dat de kwelflux naar deze sloot met ongeveer 20 % af zal nemen (Wachtendonk & Krikken 2018; Van Doorn 2019). Dit inzicht (gebaseerd op bodemprofielen) was echter niet gekoppeld aan locaties waar de bijzondere vegetaties voorkomen. De inschatting van Van de Haterd en Jalink (2020) op grond van de profielen die er wel zijn is echter dat de afname van kwelflux zeker zo groot zal zijn als de afname naar de dijksloot (20 %) en dat de grondwaterstandsdaling 2 - 10 cm zal bedragen. Het is echter ook mogelijk dat de kwel momenteel uittreedt in de knik naar de dijkteen, dan kan de grondwaterstandsdaling nagenoeg nihil zijn. Van de Haterd en Jalink (2020) concluderen dat er wel een achteruitgang in kwaliteit van de bijzondere vegetaties in de kadeteen verwacht mag worden. Hoe groot deze is en of dit ook kan leiden tot het verdwijnen van de blauwgrasland- en/ of dotterbloemhooilandvegetaties uit de kadeteen is op basis van de hydrologische gegevens niet te zeggen, zo stellen zij. De uitgevoerde berekeningen door Van Doorn (2019) geven aan dat de hydrologische effecten niet verder reiken dan de teensloot. Inmiddels is gebleken dat de teensloot op een enkele plek gedempt is, waardoor de invloed van de boezem daar zeker verder reikt en is tevens is de vraag gerezen of de berekeningen met een stationair model wel voldoende representatief zijn voor de zomersituatie, waarbij de sloten infiltreren in plaats van draineren en de invloed van boezemkwel mogelijk ook in de percelen komt. Op grond hiervan kunnen effecten op de kwelflux en daarmee op de vegetaties achter de teensloot (dus in de uitstekken) niet worden uitgesloten (Van de Haterd & Jalink, 2020).

De voorgenomen peilverlaging in de boezem kan derhalve effect hebben op het grondwatersysteem en de kwelstromen. Er is daarom behoefte aan een beoordeling van de ecologische effecten van de peilverlaging in het Achterwaterschap op de beheer- en ambitietypen nat schraalland en vochtig hooiland in de kadeteen en de uitstekken. Hierin voorziet de voorliggende ecohydrologische studie.

3.2. Onderzoeksvragen

Uit de eerdere hydrologische studies blijkt dat de hydrologische effecten zich beperken tot de boezemkade zelf en de teensloot langs het Achterwaterschap (Van Doorn, 2019). Er worden geen noemenswaardige effecten verwacht op de grondwaterstand in de percelen voorbij de teensloot. De effecten zouden zich daarmee beperken tot de boezemlandjes in het Achterwaterschap zelf, de grondwaterstand en kwelflux in de kadeteen langs het Achterwaterschap en de kwelflux in de percelen achter de teensloot (uitstekken). Effecten op de boezemlandjes vallen buiten de scope van deze ecohydrologische studie (maar zie Van de Haterd en Jalink, 2020).

60259 0048

Uitgangspunt is dat de condities in de kadeteen als gevolg van de voorgenomen peilverlaging niet zodanig mogen veranderen dat zich hier geen nat schraalland en/ of vochtig hooiland kan handhaven c.q. kan ontwikkelen. Die condities moeten breder gezien worden dan alleen – bijvoorbeeld – de grondwaterstand. Waar deze buiten het optimale bereik zou zakken maar nog wel binnen het suboptimale bereik valt, zouden genoemde vegetaties zich kunnen handhaven c.q. vestigen mits andere voorwaardelijke condities op orde zijn. De impliciete aanname is hier dat als ambitietype voor de hele kadeteen voornoemde vegetaties gelden. Het Natuurbeheerplan (2020) zegt iets anders maar door deze aanname is het mogelijk om de potentie maar ook de eventuele effecten optimaal in beeld te krijgen. Voor de uitstekken gelden deze vegetaties wel over het geheel als beheer- c.q. ambitietype.

Gelet op het voorafgaande kunnen de volgende onderzoeksvragen worden geformuleerd:
1. Komen er in de huidige situatie vegetaties in de kadeteen en uitstekken voor die vegetatiekundig overeenkomen over grote gelijkenis vertonen met nat schraalland en vochtig hooiland?
2. In welke mate is er in de huidige situatie in de kadeteen (het vlakke deel tussen het kadetalud en de teensloot) sprake van preferente grondwaterstanden voor nat schraalland en vochtig hooiland en in hoeverre veranderd als gevolg van de voorgenomen peilverlaging? Met andere woorden ook: wordt de grondwaterstand (mede) bepaald door het peil in de boezem?
3. Wijst de grondwaterkwaliteit in de kadeteen op kwel vanuit de boezem? En komt deze kwaliteit tegemoet aan de eisen van nat schraalland en vochtig hooiland?
4. Wat zijn de bodemchemische condities in de kadeteen? En komen deze condities overeen met de eisen van nat schraalland en vochtig hooiland? Wat zijn de te verwachten effecten van de voorgenomen peilverlaging?
5. Wijst de grondwaterkwaliteit in de uitstekken op kwel vanuit de boezem? En komt deze kwaliteit tegemoet aan de eisen van nat schraalland en vochtig hooiland? Wat zijn de te verwachten effecten van de voorgenomen peilverlaging?
6. Wat zijn de bodemchemische condities in de uitstekken? En komen deze condities overeen met de eisen van nat schraalland en vochtig hooiland? Wat zijn de te verwachten effecten van de voorgenomen peilverlaging?

4. Ecohydrologische studie

De voorliggende studie heeft als insteek om na te gaan in welke mate standplaatseisen van de beheertypen vochtig hooiland en nat schraalland binnen de kadeteen en de uitstekken langs het Achterwaterschap in de huidige situatie voorkomen en hoe deze veranderen als gevolg van de voorgenomen peilverlaging. Ondanks dat de ambitiekaart (Natuurbeheerplan 2020) voor de kadeteen ten westen van de Zijdebrug, op een kort stukje na, het niet grondwaterafhankelijke kruiden- en faunarijk als ambitietype heeft, wordt toch ook hier gekeken naar wat een en ander betekent voor voornoemde beheertypen. Dat hier goede reden voor is, blijkt ook uit figuur 6 (uit Van de Haterd en Jalink, 2020). In de figuur zijn de (meer of minder historische) vegetatieopnamen in de kadeteen weergegeven die kwalificeren voor grondwaterafhankelijke vegetaties. Je zou kunnen stellen dat hier een hoger ambitietype gerechtvaardigd is.

Figuur 6. Meer of minder historische vegetatieopnamen in de kadeteen weergegeven die kwalificeren voor grondwaterafhankelijke vegetaties (uit Van de Haterd en Jalink, 2020). Paars omlijnt de kerngebieden met bijzondere vegetaties.

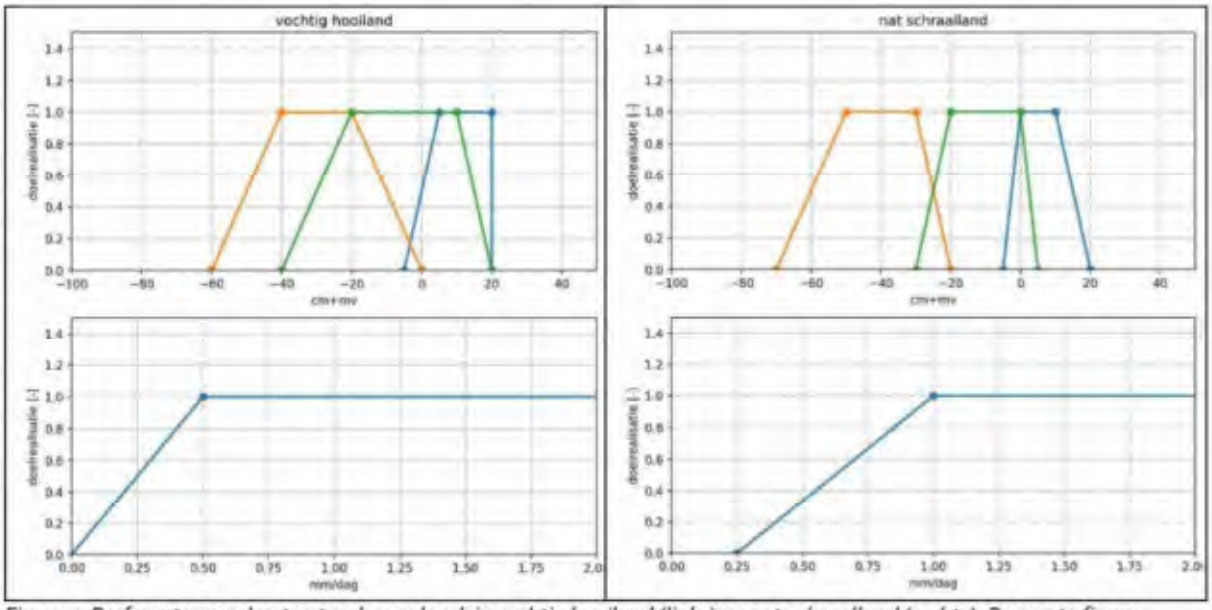
De ecohydrologische studie kent een drietal sporen:
1. geohydrologisch onderzoek;
2. bodemchemisch en grondwaterkwaliteitsonderzoek;
3. vegetatiekundig onderzoek.

Het geohydrologische onderzoek is uitgevoerd in een aantal deelgebieden langs de gehele kadeteen en de twee overige sporen op een twaalftal representatieve punten verdeeld over de kadeteen (7) en de uitstekken (5), daar waar in het verleden tot recent nat schraalland of vochtig hooiland voorkwam c.q. voorkomt en die ook liggen binnen de zone's waarvan Van de Haterd en Jalink (2020) hebben vastgesteld dat deze vegetaties hier in potentie voor kunnen komen. Bevindingen hier worden geacht te gelden voor de hele kadeteen dan wel alle uitstekken voor zover hier deze vegetaties voorkomen. Wat bedoeld wordt met termen als kadeteen, teensloot en uitstek is terug te vinden in de dwarsdoorsnede van de kade in bijlage 5.

Ad. 1. Geohydrologisch onderzoek. Middels een geohydrologische studie is nagegaan in hoeverre in de huidige situatie (dus bij een boezempeil van NAP -0,75 m) de grondwaterstanden in de kadeteen in de meest relevante perioden (voorjaar en zomer) overeenkomen met de preferente grondwaterstanden van vochtig hooiland en nat schraalland. Idem is dit gedaan voor de situatie waarin het peil verlaagd wordt naar NAP 0,90 m. Dit is (voor beide peilen) gedaan voor verschillende deelgebieden waar de kadeteen een helling van 0 tot 5° en een breedte van minstens 5 meter heeft (feitelijk betreft het dus trajecten). Dit zijn immers de delen waarvoor eerder onderkend is dat dit samen het potentiële areaal beslaat waar grondwaterafhankelijke vegetaties kunnen voorkomen. Deze deelgebieden c.q. trajecten – in totaal gaat het om een negental - zijn opgenomen in bijlage 3. Het is van belang te beseffen dat in de huidige situatie genoemde vegetaties niet overal op de kadeteen voorkomen noch binnen deze deelgebieden (Van de Haterd & Jalink, 2020). Het gaat om het potentieel areaal dat binnen voorliggende studie nader wordt geduid. De studie is uitgevoerd middels een eenvoudig hydrologisch model waarbij gebruik is gemaakt van grondwaterstandsmetingen in bestaande peilbuizen. Om het model te kalibreren naar de situatie in de kadeteen (aldaar geen peilbuizen aanwezig) is

op een zestal locaties in april 2020 de grondwaterstand bepaald (bijlage 1). Hiertoe is op deze locaties in het midden van de kadeteen en een meter vanuit de teensloot een grondwaterbuis geplaatst (8 april) waarin – na stabilisatie van het grondwater – op 10 april de grondwaterstand is bepaald (bijlage 2). De locaties zijn gekozen op basis de van de ingeschatte potentie voor nat schraalland (s.s. blauwgrasland) (Van de Haterd, & Jalink, 2020). Eind mei is dit herhaald en is het meetnet uitgebreid met nog eens zes locaties waarbij ook peilbuizen in enkele uitstekken zijn geplaatst (bijlage 1 en 2).

De preferente grondwaterstanden – zijnde de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand en de gemiddeld laagste en hoogste grondwaterstand (GVG, GLG en GHG en eisen aan kwel) - voor vochtig hooiland en na schraalland zijn gedefinieerd op basis van literatuurgegevens en aangescherpt op basis van gebiedskennis. Hierbij zijn steeds drie intervallen gedefinieerd (figuur 7): optimaal bereik (doelbereik = 1; zie y-as figuur 7), buiten bereik (doelbereik = 0; zie y-as figuur 7) en suboptimaal bereik (doelbereik tussen 1 en 0; zie y-as figuur 6). Om het verschil tussen te droog of te nat (voor suboptimaal en onbereikbaar) aan te geven, worden er vijf categorieën gebruikt: Onbereikbaar (droog), suboptimaal (droog), optimaal, suboptimaal (nat) en onbereikbaar (nat). De categorieën zijn gebruikt om een verschilkaart te maken, waarbij de kaart met geschiktheid van de ondergrond bij een peil van NAP -0,90 m van de geschiktheidskaart bij een peil van NAP -0,75 m af werd gehaald. Om duidelijk te maken wat de verschillen zijn tussen de verschillende peilen, zijn de oppervlaktes per classificatie per peil gemaakt. Het hydrologische model is toegelicht in bijlage 5.



Figuur 7. Preferente grondwaterstanden en kweleis vochtig hooiland (links) en nat schraalland (rechts). Bovenste figuur: groen=gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand; oranje=gemiddeld laagste grondwaterstand; blauw=gemiddeld hoogste grondwaterstand. Onderste figuur: blauwe lijn=kweleis.

Ad. 2. Bodemchemisch en grondwaterkwaliteitsonderzoek. Op 25 mei 2020 is er op de twaalftal locaties waar een peilbuis was geplaatst om de grondwaterstand in het midden van de kadeteen en in enkele uitstekken te meten (bijlage 1, tweede figuur) een grondwatermonster genomen (na het bepalen van de grondwaterstand). Daarnaast is ter hoogte van locatie 2, 5 en 8 een watermonster genomen in de boezem en de teensloot om zo een eventuele gelijkenis van het grondwater hiermee te kunnen duiden. De watermonsters zijn anaeroob en gekoeld vervoerd en bewaard. Ter plaatse van deze twaalf locaties is met een bodemguts een bodemmonster genomen van de bodemlaag net onder de vegetatie/ humuslaag over een diepte van 0 – 15 cm. Daarnaast is hier over een diepte van 5 cm een bodemmonster genomen met een bodemring met vast volume (100 ml) om verkregen analysedata – die in mg of mmol/ kg bodem wordt gerapporteerd – om te kunnen rekenen naar mg of mmol/ L bodem. Dit omdat een vegetatie in een vast volume wortelt. Daarmee wordt het vergelijken met analysedata uit referentiedatasets mogelijk. De bodemmonsters zijn anaeroob en gekoeld vervoerd en bewaard. De water- en bodemmonsters zijn op 28 mei 2020 aangeboden bij Bright Labs (Venlo) ter analyse.

Van de watermonsters zijn pH, EGV en opgeloste macro-ionen en nutriënten gemeten. Aan het vastvolume bodemmonster werd het vers- en drooggewicht bepaald. Aan de bodem werden voorts de volgende analyses uitgevoerd:

- Organisch stofpercentage;
- Destructie voor totalen aan ionen;
- Zoutextractie voor de zout-beschikbare fractie;
- Olsen-P als maat voor plantbeschikbaar fosfaat;
- Water-en een strontiumextractie voor de uitwisselbare kation capaciteit (CEC) en de basenverzadiging.

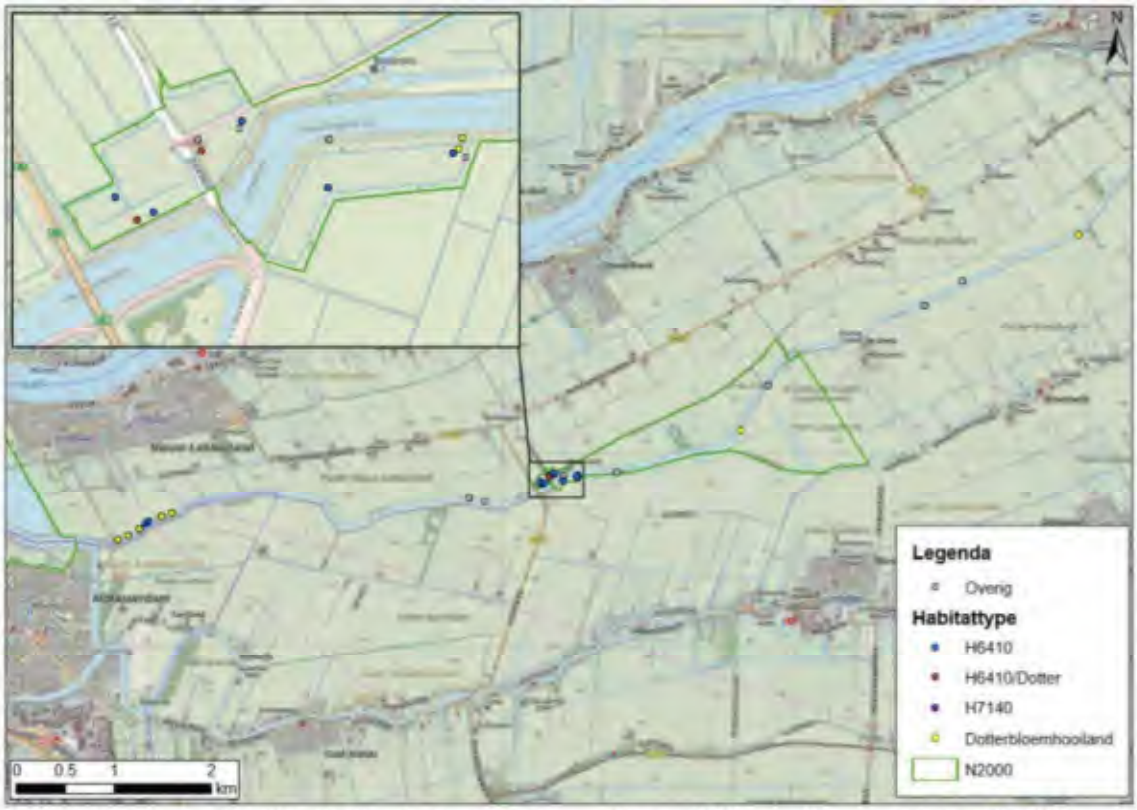
In bijlage 4 zijn de gebruikte analysemethoden opgenomen.

Ad.3 . Vegetatiekundig onderzoek. Op 21 en 22 mei is er op elk van de 12 locaties (bijlage 1) een vegetatieopname gemaakt conform de uitgebreide Braun Blanquet-schaal. Het opname-oppervlak bedroeg 1,5 m x 1,5 m. Mossen zijn hierbij niet meegenomen. Vervolgens zijn de opname doorvertaald naar een plantengemeenschap conform de Vegetatie van Nederland waarbij er vooral op gelet is of de opname (enigszins) kwalificeerde voor een vochtig hooiland (bij benadering: r16Ab3 – Associatie van boterbloemen en watekruiskruid) of voor een nat schraalland (bij benadering r16Aa1 – Blauwgrasland) en er geen uitgebreide plantensociologische studie is uitgevoerd, welke ongetwijfeld zou leiden tot het onderscheiden van enkele rompgemeenschappen binnen de Klasse van de matig voedselrijke graslanden (dus niet precies samenvallen met voornoemde associaties).

5. Resultaten

5.1. Vegetatie

Figuur 5 toonde al dat nat schraalland- en vochtig hooilandvegetaties in de kadeteen zich min of meer beperken tot het uiterste westen – dus tegen Boezems Kinderdijk aan – het gebied rondom de Zijdebrug en de Donkse Laagten. Idem geldt dit voor de uitstekken, indien aanwezig. In die figuur zitten nog veel vegetatieopnamen uit het provinciale meetnet die al tientallen jaren oud zijn. Kijken we naar een meer recente periode van opnamen uit het provinciale meetnet (2008-2018) dan zien we nog steeds dit beeld maar tevens dat het aantal locaties nat schraalland of vochtig hooiland wat lijkt te zijn afgenomen, met name ten oosten van de knik die het Achterwaterschap maakt in het Natura 2000-gebied Donkse Laagten (figuur 8, vergelijk ook met figuur 6). Tijdens een eerst oriënterend veldbezoek begin april 2020 leken de vegetaties (die toen nog volop in ontwikkeling waren) hier ook minder uitgesproken te wijzen op een ontwikkeling in de richting van nat schraalland of vochtig hooiland (waar deze laatste hier voor 2008 op meerdere locaties nog werd aangetroffen. Dit in tegenstelling tot het deel geheel in het westen, rondom de Zijdebrug en het westelijke deel van de Donkse Laagten. Dit is ook de reden dat de twaalf locaties voor het onderzoek aan vegetatie en grondwater- en bodemchemie in die drie delen zijn geconcentreerd. Deze twaalf locaties liggen alle waar de kadeteen een helling van 0 tot 5° heeft en een breedte van minstens 5 m.



Figuur 8. Locaties provinciaal meetnet met opnamen tussen 2008 en 2018 (H6410 = N10.01 = nat schraalland; H7140 = trilveen, dotterbloemhooiland = N10.02).

In het kader van voorliggend onderzoek zijn op twaalf locaties vegetatieopnamen gemaakt (tabel 1). Zonder de opnamen helemaal uit te sleutelen tot een plantengemeenschap conform Vegetatie van Nederland is het duidelijk dat op alle locaties een (zeer) soortenrijke vegetatie aanwezig is met veelal bijzondere soorten, die in de sfeer liggen van nat schraalland (blauw in de tabel, accent in de uitstekken) of vochtig hooiland (groen in de tabel, accent in de kadeteen) waarbij locatie 10 en 12 min of meer een overgangsvorm tussen beide laten zien. De opnamen delen veel soorten van de pijpenstrootje orde binnen de Klasse der matig voedselrijke graslanden waar beide voornoemde beheertypen toe behoren. De opnamen in de sfeer van vochtig hooiland worden onder andere gekenmerkt door boterbloemen, smalle weegbree, echte koekoeksbloem, biezenknoppen en echte dotterbloem. De soorten wijzen op natte tot vochtige, basenrijke, matig voedselrijke bodemcondities. De locaties liggen in de kadeteen bij de Zijdebrug en de Donkse Laagten en in de uitstekken

bij de Donkse Laagten. De opnamen in de sfeer van nat schraalland worden onder andere gekenmerkt door geelgroene zegge, sterzegge, veenpluis, tandjesgras, pijpenstrootje en spaanse ruiter. De soorten duiden op vochtige, (matig) basenrijke, matig voedselrijke tot voedselarme bodemcondities. De nat schraalland-locaties liggen in de kadeteen in het westen en in de uitstekken rond de Zijdebrug.

Tabel 1. Vegetatieopnamen op de twaalf onderzoekslocaties (kadeteen en uitstekken). Zie voor de ligging bijlage 1. In groen (r16Ab3) betreffen opnamen die duidelijk in de sfeer van vochtig hooiland (N10.02) liggen; in blauw (r16Aa1) in de sfeer van nat schraalland (N10.01).

	Monsterpunt	3 kadeteen	4 kadeteen	5 kadeteen	6 kadeteen	10 uitstek	12 uitstek	1 kadeteen	2 kadeteen	11 kadeteen	7 uitstek	8 uitstek	9 uitstek
	opnamevlak	1,5m x 1,5m	1,5m x 1,5m	1,5m x 1,5m	1,5m x 1,5m	1,5m x 1,5m	1,5m x 1,5m	1,5m x 1,5m	1,5m x 1,5m	1,5m x 1,5m	1,5m x 1,5m	1,5m x 1,5m	1,5m x 1,5m
	bedekking kruidlaag (%)	98	100	100	95	98	100	100	95	100	95	100	100
	bdekking moslaag (%)	15	10	5	5	10	20	5	15	10	10	10	15
	Opnamedatum	20200521	20200521	20200521	20200521	20200522	20200522	20200521	20200521	20200521	20200522	20200522	20200522
Carex panicea	Blauwe zegge	1	2a	2a	1	3	1	3	2m	2a	2a	3	3
Agrostis canina	Moerasstruisgras	2a		1	2a		2m	2b	2a	3	3m	2m	1
Carex disticha	Tweerijige zegge	+	2a	2m		1	3m	2m	1	2m			2a
Carex acuta	Scherpe zegge	1		2b			1	2b		2b	+	+	2a
Anthoxanthum odoratum	Gewoon reukgras	2a	1	2m	2a	2a	2b	2m	2m	2a	2m	+	+
Holcus lanatus	Gestreepte witbol	+	2b	2m	1	2a	2a	1	+	2m	+		+
Cardamine pratensis	Pinksterbloem	+		2m	r	1	+	1	+	r	+	+	+
Hydrocotyle vulgaris	Waternavel	2a		2m					2m	2b	2m	2b	1
Ranunculus acris	Scherpe boterbloem	+	2a	1	+	2a		+	+	1			
Juncus conglomeratus	Biezenknoppen	2m	2b	r	+	2a	+	+		1		1	+
Plantago lanceolata	Smalle weegbree	2a	2a	2a	+	2a		2m	1			r	+
Lychnis flos-cuculi	Echte koekoeksbloem	2m	2a	1	1	2a	1	2m	1			r	
Centaurea jacea	Knoopkruid	+	2a	1		1	1	2a	2m			r	
Poa trivialis	Ruw beemdgras	2m		2b	3		3a				+		
Ranunculus repens	Kruipende boterbloem			+	+		2b	+		1			
Senecio aquaticus	Waterkruiskruid		+	+	+			+	r				
Rumex acetosa	Veldzuring	+		1	+		1	+	+	1	r		
Agrostis stolonifera	Fioringras	1	1	1		2b		+	+				
Festuca rubra	Rood zwenkgras	2a		2b	+		1	1	1				
Alopecurus pratensis	Grote vossestaart	1		+	1		1						
Lotus uliginosus	Moerasrolklaver	+		r		2a		+	r				
Caltha palustris	Gewone dotterbloem	1	1		r	2a	2a	1	1	1			
Carex demissa	Geelgroene zegge				1	2a	1	1	2m	2m		+	r
Eriophorum angustifolium	Veenpluis	1						+	1		2m	2a	1
Carex echinata	Stervzegge							1	1	r	2a	1	2b
Cirsium dissectum	Spaanse ruiter							2m	2a	+	2a	2a	+
Danthonia decumbens	Tandjesgras	1						1	2a		2a	2m	1
Ranunculus flammula	Egelboterbloem	+				1	2a	+	+	1	1	+	+
Carex nigra	Zwarte zegge			2a		1	1		1	2m	+	2b	
Molinia caerulea	Pijpestrootje	3						2a	2b	2m	2a	2a	1
Drosera rotundifolia	Ronde zonnedauw									1	+		+
Potentilla erecta	Tormentil							1			2a	r	r
Viola palustris	Moerasvioolije								r	+	2m		+
Menyanthes trifoliata	Waterdrieblad					1		+	r		+	2b	1
Potentilla palustris	Wateraardbei		r	r					r		r	r	2a
Bellis perennis	Madeliefje		r	1	r			+					
Bromus hordeaceus	Zachte dravik			r	1a								
Carex hirta	Ruige zegge		2a			1				1	1		
Carex rostrata	Snavelzegge										1		r
Cerastium fontanum	Gewone hoornbloem			2m	1			r					
Cirsium palustre	Kale jonker	+	1				+			+	+		+
Agrostis capillaris	Gewoon struisgras	2b						+	2m	3			+
Dactylorhiza majalis subsp. majalis	Brede orchis		r	r									
Deschampsia cespitosa	Ruwe smele						+			2a			
Eleocharis palustris	Gewone waterbies							2m					
Equisetum fluviatile	Holpijp					2a				+	1		
Equisetum palustre	Lidrus							1					
Filipendula ulmaria	Moerasspirea		2a					r					
Galium mollugo	Glad walstro	2m		+	2b					+			
Galium palustre	Moeraswalstro			r							+		
Glechoma hederacea	Hondstraf	+		+	+								
Iris pseudacorus	Gele lis	r		+				+					
Juncus articulatus	Zompius						+	1		1			
Juncus effusus	Pitrus	+		1				2m	1				
Juncus submodulosus	Padderus							1					
Leontodon saxatilis	Kleine leeuwetand	+		+				+					
Lysimachia vulgaris	Grote wederik	+							r		+	1	
Lythrum salicaria	Grote kattestaart	+						r					r
Mentha aquatica	Watermunt	r	2a			1		r		r			
Pedicularis palustris	Moeraskartelblad										r		
Peucedanum palustre	Melkcope										+	1	
Phragmites australis	Riet			+	r			+			2b	1	+
Polygonum amphibium	Veenwortel	+			+			+		+			
Potentilla anglica	Kruipganzerik	1						r	+	r			
Prunella vulgaris	Gewone brunel	+		2a				1		r			
Trifolium pratense	Rode klaver			+		2a	+						
Trifolium repens	Witte klaver			+			+	+		r			
Valeriana dioica	Kleine valeriaan							r					
plantengemeenschap conform Vegetatie van Nederland		r16Ab3	r16Ab3	r16Ab3	r16Ab3	r16Ab3	r16Ab3	r16Aa1	r16Aa1	r16Aa1	r16Aa1	r16Aa1	r16Aa1

In een van zijn mooiste vormen komt vochtig hooiland voor als Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid. De kensoort van deze associatie – waterkruiskruid – komt voor op locatie 4, 5 en 6 (en 1 en 2 maar daar maken andere soorten dat die opnamen niet tot deze associatie worden gerekend). Een van de mooiste vormen van nat schraalland betreft de Associatie Blauwgrasland. De kensoort van deze associatie – spaanse ruiter – komt voor op alle locaties die zich kenmerken als dit beheertype. Voorts komen op alle locaties veel kensoorten voor van het Verbond van Biezenknoppen en Pijpenstrootje waar beide voornoemde associaties toe behoren. Dat in de kadeteen deze veelal goed ontwikkelde vegetaties voorkomen, is op zich

60259 0048

bijzonder omdat deze op zich vrij toegankelijk is. Blijkbaar prefereren de meeste wandelaars om toch bovenop de kade te blijven waardoor er geen looppaadjes ontstaan waardoor mogelijk bijzondere soorten verdwijnen.

Op basis van de provinciale opnamen en de opnamen die in dit onderzoek zijn gemaakt kan gesteld worden dat de noordelijke kadeteen aan de westzijde en de noordelijke en zuidelijke kadeteen rondom Zijdebrug en Donkse Laagten goed ontwikkeld zijn en kwalificeren voor hoge ambitietypen uit het Natuurbeheerplan (nat schraalland en vochtig hooiland). Idem geldt voor de uitstekken rondom Zijdebrug en Donkse Laagten.

5.2. Bodemchemisch en grondwaterkwaliteitsonderzoek

5.2.1. Bodemchemisch onderzoek

In tabel 2 staan de belangrijkste resultaten van de analyse van de bodems op de twaalf locaties. Waar een waarde overeenkomt met een referentiewaarden voor nat schraalland is deze blauw gemarkeerd, en waar deze overeenkomt met die voor vochtig hooiland is deze groen gemarkeerd (zie voorts de tabeltekst).

Wat natuurlijk direct opvalt is dat de gevonden waarden voor de verschillende relevante bodemchemische parameters op de verschillende locaties grotendeels passen binnen de referentiewaarden voor nat schraalland e/ of vochtig hooiland. Deze beheertypen zijn niet alleen in een relatief uitgesproken vorm vegetatiekundig aanwezig op de twaalf onderzochte locaties, maar ook de standplaats is in de huidige situatie vooralsnog op orde c.q. hierbij passend (Maar zie aan het eind de opmerking over basenrijkdom). Dit betekent dat er geen sprake is van een naijleffect van de vegetatie daar waar de standplaats al van mindere of ontoereikende kwaliteit zou zijn.

Tabel 2. Resultaten bodemchemisch onderzoek (monsters genomen op 25 mei 2020). Blauw=waarde komt overeen met referentiewaarde voor nat schraalland, groen=waarde komt overeen met referentiewaarde voor vochtig hooiland, geel=idem maar dan suboptimaal bereik. Organische stof, totaal-aluminium en CEC (kation-uitwisselingscapaciteit) niet nader toebedeeld. n.b.=niet bepaald.

		organisch stof	pH(NaCl)	Olsen-P FW	totaal-alluminium	totaal-calcium	totaal-ijzer	totaal-fosfor	S/(Ca+Mg)	Ca+Fe/P	zoutextr-calcium	zoutextr-fosfaat	zoutextr-nitraat	zoutextr-ammonium	basen-verzadiging	CEC
locatienr		(%)		(µmol/L)	(mmol/L)	(mmol/L)	(mmol/L)	(mmol/L)			(µmol/L)	(µmol/L)	(µmol/L)	(µmol/L)	(%)	(µmol/g)
1	kadeteen	39	4,8	137	641	72	203	13,5	0,24	23,9	20376	2,3	835,8	57,2	n.b.	n.b.
2	kadeteen	72	5,6	466	99	100	51	7,3	0,32	20,7	17974	4,9	568,7	62,0	99,9	578,8
3	kadeteen	48	4,8	106	488	54	98	11,4	0,31	13,2	19972	11,2	229,9	364,6	97,2	405,2
4	kadeteen	49	5,7	882	455	104	232	13,1	0,23	17,6	31571	2,4	91,3	< 5	100,0	575,8
5	kadeteen	71	5,8	727	205	89	55	8,1	0,33	17,4	19042	4,2	536,2	253,7	100,0	568,6
6	kadeteen	69	5,0	342	237	90	111	14,9	0,37	13,6	18642	3,7	332,9	355,0	98,5	314,0
11	kadeteen	55	6,0	249	762	237	221	24,1	0,29	19,0	52522	23,6	203,8	847,2	n.b.	n.b.
7	uitstek	87	5,3	504	16	24	15	3,1	0,29	21,8	14008	10,5	< 1	371,3	n.b.	n.b.
8	uitstek	71	4,0	213	216	32	76	9,0	0,36	12,6	7135	16,3	< 1	232,5	99,7	445,0
9	uitstek	58	4,4	258	195	34	63	8,3	0,26	15,4	10481	8,3	94,7	342,3	n.b.	n.b.
10	uitstek	51	4,8	204	520	46	140	15,8	0,33	11,8	14600	28,3	7,8	297,5	98,9	430,5
12	uitstek	65	4,2	534	177	14	69	9,7	0,39	8,6	7855	2,5	133,9	133,9	81,0	349,2
gemiddelde	kadeteen	58	5,4	416	398	107	124	13,0	0,3	17,9	25582	5,9	400,4	327,9	97,7	492,5
gemiddelde	uitstekken	67	4,5	360	225	30	72	8,8	0,3	11,9	10818	12,0	78,8	271,5	92,2	408,2
gemiddelde	overall	61	5,0	393	326	75	103	11,2	0,3	15,4	19430	8,4	305,9	299,6	96,0	460,9

Alle bodems zijn organisch tot sterk organisch (organisch stof % > 40). Samen met de relatief lage waarden voor totaal-aluminium (een maat voor het lutumgehalte) maakt dat we te maken hebben met een veenbodem in de uitstekken (logisch want daar is in het verleden de klei afgegraven om de kade mee aan te leggen) en in de kadeteen met een veenbodem met hier wat klei doorheen gemengd (hier hogere waarden voor totaal-aluminium en totaal-ijzer en een wat lager organisch stof %). Dat we te maken hebben met veenbodems blijkt ook uit het vochtpercentage van de bodem. Dit bedraagt minimaal 60 % (ondanks de bemonstering na een erg droge periode).

Met uitzondering van locatie 4 (kadeteen) is de fosfaat-beschikbaarheid op alle locaties (relatief) laag (Olsen- < 800 µmol/ L bodem en totaal-fosfor < 15 mmol/ L bodem). Alleen op locatie 11 (kadeteen) is totaal-P sterk verhoogd. Opvallend is dat vrijwel alle bodems (met name die in de kadeteen) relatief rijk zijn aan plantbeschikbaar stikstof (zout-extraheerbaar nitraat + ammonium), al vallen de waarden nog binnen de referentiewaarden. Het is waarschijnlijk dat dit wordt veroorzaakt door mineralisatie van organisch stof gedurende de droge periode waarin de bodemmonsters zijn genomen. Hierbij wordt ammonium vrijgemaakt dat vervolgens wordt omgezet naar nitraat (nitrificatie). Een aanwijzing voor dit fenomeen blijkt uit de relatief lage zout-extraheerbare hoeveelheid nitraat op de locaties in de uitstekken waar de condities natter waren

ten tijde van de bemonstering. De gemiddelde grondwaterstand bedroeg in de uitstekken 20,2 cm beneden maaiveld en die in de kadeteen 36,4 cm beneden maaiveld (tabel 3; ook zonder de afwijkende locatie 7 is de grondwaterstand in de uitstekken 25 cm beneden maaiveld en daarmee ook dan hoger dan die in de kadeteen). De nattere condities belemmeren de nitrificatie. De zout-extraheerbare hoeveelheid fosfaat in de toplaag van de bodem is overwegend relatief laag (< 5 µmol/ L) tot matig verhoogd (5-10 µmol/ L) en daarmee geen primaire factor. De monsters werden echter genomen na een lange periode van droogte waardoor deze waarden minder representatief zijn (vooral indicatief onder nattere condities). De verhouding totaal-calcium plus totaal-ijzer ten opzichte van totaal-fosfor, die – met uitzondering van locatie 12 - (ruim) hoger ligt dan 10, laat zien dat de kans op mobilisatie van fosfaat nihil is. Opvallend is wel dat deze ratio duidelijk lager ligt in de uitstekken dan in de kadeteen wat toe te schrijven is aan de geringere hoeveelheid kationen in de uitstekken.

De basenverzadiging is met uitzondering van locatie 12 hoog tot zeer hoog (> 90 %). De bodems zijn (vooralsnog) rijk genoeg aan basische kationen om via kationenuitwisseling verzuring te neutraliseren. Wel valt het erg op dat de hoeveelheid totaal-calcium op de kadeteen-locaties veel hoger is dan die op de uitstek-locaties (wat eveneens geldt voor totaal-ijzer). Dit wijst op uitloging van de uitstekken en daarmee gepaard gaande verzuring, wat ook weerspiegeld wordt door de pH die in de bodem van de uitstekken lager is dan die in de kadeteen en lager dan de referentiewaarde voor de ambitietypen. De verhouding totaal-zwavel versus totaal-calcium en totaal-magnesium in de bodem is op alle locaties (ruim) kleiner dan 0,66 wat de kans op sterke verzuring op korte termijn niet waarschijnlijk maakt.

Tabel 3. Grondwaterstand (in cm beneden maaiveld) op de 12 locaties op 25 mei 2020.

locatienr		grw stand cm -mv	
			gem
1	kadeteen	53	
2	kadeteen	37	
3	kadeteen	29	
4	kadeteen	37	
5	kadeteen	27	
6	kadeteen	31	
11	kadeteen	41	36,4
7	uitstek	1	
8	uitstek	32	
9	uitstek	30	
10	uitstek	15	
12	uitstek	23	20,2

Verdergaande uitloging in met name de uitstekken zal op termijn de totaal-calcium plus totaal-ijzer ten opzichte van totaal-fosfor (ver) onder de 10 brengen waardoor er meer fosfaat beschikbaar zal komen bij mineralisatie (waarbij organisch materiaal wordt afgebroken). Gelet echter op de lage hoeveelheid totaal-fosfor zal dit echter niet leiden tot een wezenlijk verhoogde biomassaproductie en daarmee gepaard gaande verruiging.

Onder anaerobe condities (zoals die ontstaan bij inundatie) kan sulfaat als elektronenacceptor fungeren voor de afbraak van organisch materiaal. Hierbij ontstaat sulfide. Sulfide bindt met het beschikbare ijzer tot ijzersulfide waardoor de concentratie gereduceerd ijzer sterk afneemt. Bij de afbraak van het organisch materiaal komt fosfaat vrij dat vervolgens, vanwege de afwezigheid van gereduceerd ijzer, mogelijk niet of slechts in geringe mate wordt geïmmobiliseerd door adsorptie aan ijzerhydroxiden en de vorming van ijzerfosfaten. De beschikbaarheid van fosfaat neemt op die manier toe waardoor de biomassaproductie van de vegetatie toe kan nemen en verruiging dreigt en snel groeiende soorten kritische soorten wegconcurreren. Een tweede probleem dat vrij sulfide vormt is dat het voor veel platensoorten toxisch is. De verhouding totaal-ijzer versus totaal-zwavel bedraagt in de bodem van de kadeteen gemiddeld echter 2,9 in de bodem van de uitstekken 4,1 hetgeen betekent dat er nog een overmaat aan ijzer is die aan sulfide kan binden maar er ook nog ijzer beschikbaar blijft om fosfaten te binden. Pas bij een verhouding van 0,5 en lager in natte bodems c.q. bodems met een hoge grondwaterstand is al het ijzer gebonden aan sulfiden. Dit probleem speelt dus niet.

5.2.2. Grondwaterkwaliteit

In tabel 4 staan de resultaten van de analyse van het grondwater op de twaalf locaties, aangevuld met de analyse van het oppervlaktewater in de teensloot en in de boezem (meerdere locaties). Van Wachtendonk en Krikken (2018) en Van Doorn (2019) stellen dat alle kwel (vanuit de boezem) wordt afgevangen door de teensloot. Dit zou inhouden dat het water in de teensloot grote gelijkenis zou moeten vertonen met de boezem ten aanzien van de meer inerte ionen. Van de Haterd & Jalink (2020) stellen dat een deel van de kwel (zeker) ook naar de kadeteen zal gaan. Vergelijken we in tabel 4 de waarden voor chloride en natrium in de boezem en in de teensloot dan zien we dat deze overeenkomen, meer dan met het grondwater in de kadeteen. Zelfs voor stoffen als sulfaat, calcium en bicarbonaat waarvan de concentraties mede afhankelijk zijn van bodemchemische processen, vertonen grote gelijkenis hetgeen erop wijst dat tijdens passage er weinig gebeurd met betrekking tot de waterkwaliteit. De gelijkenis zal ook resulteren uit het feit dat boezemwater wordt ingelaten in het slotenstelsel ten behoeve van peilhandhaving. Omdat er juist bemonsterd is na een lange droge periode maakt die behoefte groot.

Meer opmerkelijk is de gelijkenis tussen het grondwater in de uitstekken en het oppervlaktewater. Vergelijken we de waarde voor het inerte chloride dan zien we dat de waarde in het grondwater in uitstek 10 en die in de teensloot ter plaatse hetzelfde is, terwijl die voor het grondwater in kadeteen 2 en 5 duidelijk lager is dan de waarde in de teensloot ter plaatse. Dit wijst op een invloed van het boezemwater tot in het grondwater van de uitstekken. Typologisch (Stuyfzand-classificatie) lijkt het oppervlaktewater in de boezem en de teensloot meer op het grondwater in de uitstekken dan in de kadeteen. Al het water is overigens te duiden als antropogeen beïnvloed (F) al neigt het grondwater in de kadeteen (ook) naar jong grondwater (g) al duidt het calciumbicarbonaat-type er op dat het geen sterk door de landbouw beïnvloed water is.

Tabel 4. Resultaten analyse grondwater op de 12 locaties en oppervlaktewater teensloot en boezem (monsters genomen op 25 mei 2020). o.m.=onbetrouwbare meting, hardheid=Ca+Mg (mmol/ L).

locatienr		pH	EGV	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	HCO_3	Cl	SO_4	NO_3	P	NH_4		hardheid	Stuyfzand
			(µS/cm)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)		(mmol/L)	
1	kadeteen	7,06	1713	< 0,1	309,3	0,7	2,1	26,6	14,0	256,6	21,7	62,4	0,1	0,1	4,7		8,8	g3CaHCO3
2	kadeteen	7,62	1036	< 0,1	178,8	0,3	0,9	14,2	10,5	633,8	26,1	35,6	< 0,1	0,4	7,1		5,0	g4CaHCO3
3	kadeteen	7,67	617	0,1	103,0	0,1	0,4	6,2	7,2	308,9	23,5	38,0	< 0,1	0,2	3,4		2,8	g3CaHCO3
4	kadeteen	7,94	963	< 0,1	169,1	< 0,1	0,5	11,1	11,8	401,9	30,2	94,3	< 0,1	0,1	2,2		4,7	F3CaHCO3
5	kadeteen	7,93	1050	0,1	162,8	0,3	1,6	13,1	20,7	588,5	54,1	15,1	< 0,1	0,6	9,9		4,6	F4CaHCO3
6	kadeteen	7,82	814	< 0,1	143,4	1,2	0,9	10,4	10,2	475,0	27,9	19,9	< 0,1	0,5	2,2		4,0	g3CaHCO3
11	kadeteen	7,9	931	< 0,1	168,4	0,3	1,3	11,5	10,7	559,4	17,5	51,7	< 0,1	0,2	3,5		4,7	g4CaHCO3
7	uitstek	7,94	848	0,1	98,4	o.m.	0,9	13,8	45,8	344,3	120,1	3,5	< 0,1	0,0	0,1		3,0	F3CaHCO3
8	uitstek	7,92	832	0,1	72,9	0,5	3,7	15,5	70,4	243,0	119,5	24,2	< 0,1	0,1	4,9		2,5	F2CaHCO3
9	uitstek	7,71	586	0,1	80,9	0,1	1,2	7,9	16,2	293,8	33,8	21,0	< 0,1	0,1	1,0		2,3	F3CaHCO3
10	uitstek	7,56	427	0,2	54,3	0,3	0,4	6,0	22,2	124,5	59,4	16,0	< 0,1	0,1	0,4		1,6	F2CaHCO3
12	uitstek	7,5	681	0,1	96,6	0,1	0,9	11,7	16,5	366,1	43,7	9,4	< 0,1	0,1	5,9		2,9	F3CaHCO3
5	teensloot	7,92	726	< 0,1	75,4	< 0,1	3,8	12,7	42,7	211,4	97,4	68,1	< 0,1	0,2	0,0		2,4	F2CaHCO3
10	teensloot	8,48	603	0,1	70,4	0,3	2,2	12,3	31,6	185,1	61,5	74,0	< 0,1	0,0	0,1		2,3	F2CaHCO3
2	teensloot	8,61	720	0,1	79,1	0,3	6,4	14,6	42,4	249,2	86,7	53,8	< 0,1	0,1	0,1		2,6	F3CaHCO3
8	boezem	8,33	672	< 0,1	67,8	< 0,1	3,6	11,7	36,7	190,9	88,5	67,1	4,2	0,2	0,1		2,2	F2CaHCO3
2	boezem	8,33	633	< 0,1	64,3	< 0,1	3,4	11,5	33,9	175,2	82,3	64,6	4,0	0,2	0,1		2,1	F2CaHCO3
gemiddelde	kadeteen	7,71	1018	0,1	176,4	0,4	1,1	13,3	13,2	460,6	28,7	45,3		0,3	4,6		4,9	gF3/4CaHCO3
gemiddelde	uitstekken	7,73	675	0,1	80,6	0,2	1,4	11,0	34,2	274,3	75,3	14,8		0,1	2,5		2,5	F2/3CaHCO3

Het grondwater in de kadeteen is harder (gem. 4,9 mmol/ L) dan dat in de uitstekken (gem. 2,5 mmol/ L), de teensloot en de boezem. Hardheden oplopend tot meer dan 3 mmol/ L wijzen op oplossing van kalk ($CaCO_3$) onder invloed van een verhoogde zuurbeschikbaarheid waardoor er calcium en magnesium in oplossing gaat. De kalkrijkdom van de ondiepe ondergrond voorkomt in dit geval een daling van de pH. Die zuurbeschikbaarheid neemt in droge periode toe als gevolg van oxidatieprocessen in de bodem, met name door de reductie van gereduceerd zwavel. Naast H^+-ionen wordt onder de meer zuurstofrijke condities sulfaat geproduceerd dat naar het grondwater stroomt. We zien sterk hogere calcium-, magnesium- en sulfaatwaarden in het grondwater in de kadeteen dan in de uitstekken (en de teensloot en boezem). Zoals reeds vermeld was de grondwaterstand in de kadeteen lager dan die in de uitstekken als ook dat de bodemcondities ten tijde van de bemonstering droger waren in de kadeteen (zie tabel 3). Hierdoor zijn de oxidatieprocessen hier sterker. We zien dit ook terug in de hogere ammoniumwaarde in het grondwater in de kadeteen; dit als gevolg van mineralisatie van organisch stof. De hogere calcium- en magnesium-waarde in het grondwater in de kadeteen zien we terug in het hogere cijfer in de Stuyfzand-typologie (3 à 4) dan dat in het overig water (2 à 3).

60259 0048

De hogere waarde voor bicarbonaat in het grondwater in de kadeteen is waarschijnlijk een effect van een proces dat optreedt onder meer natte condities (najaar – vroege voorjaar) waarbij er reductie van sulfaat optreedt en de concentratie ervan weer afneemt. Hierbij wordt zuur geconsumeerd en komt anorganisch koolstof vrij als bicarbonaat. Hierdoor wordt de bodem gebufferd. Vanwege het jaarrond meer stabiele en hogere grondwaterpeil in de uitstekken (Van Doorn, 2019) speelt de wisseling tussen oxidatie en reductie hier minder sterk waardoor de sulfaat- en bicarbonaatwaarden in het grondwater hier ook duidelijk lager zijn dan die waarden in het grondwater in de kadeteen.

Omdat de grondwaterstand in de uitstekken jaarrond meer gelijk is en hoger is dan die in de kadeteen zijn de waarden voor calcium, magnesium, sulfaat en bicarbonaat in het grondwater in de kadeteen hier meer verhoogd als gevolg van oxidatieprocessen.

5.3. Geohydrologie

Middels het hydrologische model is voor de deelgebieden die samen het potentieel areaal vormen (bijlage 3) waar de grondwaterafhankelijk vegetaties kunnen voorkomen, berekent wat het oppervlak is waar de gemiddelde voorjaarsgrondwater (GVG) en de laagste grondwaterstand (GLG) binnen het optimaal of het suboptimaal bereik ligt. Het resultaat is weergegeven in tabel 5. Omdat natuurlijk zowel de GVG als de GLG moet voldoen, zien we dat op dit moment voor beide grondwaterafhankelijke vegetaties er op ca. 4 ha van de kadeteen potentieel tegemoet wordt gekomen aan de preferente grondwaterstanden. Omdat de preferente grondwaterstanden voor nat schraalland en vochtig hooiland deels overlappen, is het dus niet zo dat het om een totaal va 8 ha gaat. Nogmaals; op dit moment komt zeker niet op het hele potentiele oppervlak nat schraalland of vochtig hooiland voor. Zoals al aangegeven in paragraaf 5.1 komen deze vegetaties met name voor geheel in het westen, rondom de Zijdebrug en in het westelijke deel van de Donkse Laagten. Daarmee gaat het om de deelgebieden noord1, zuid1, noord2, zuid2 (in mindere mate) en noord3. Veranderingen aldaar in de grondwaterstanden, zijn derhalve primair van belang.

Tabel 5. Oppervlakte waar de gemiddelde voorjaarsgrondwater en de laagste grondwaterstand binnen het optimaal of het suboptimaal bereik voor nat schraalland en vochtig hooiland ligt, binnen de verschillende deelgebieden van het potentieel areaal (cf Van de Haterd & Jalink, 2020). Zie voor de deelgebieden: bijlage 3.

Geschikt areaal in huidige situatie, boezempeil -0,75m NAP (ha)				
Deelgebied	**Vochtig hooiland obv GLG**	**Vochtig hooiland obv GVG**	**Nat schraalland obv GLG**	**Nat schraalland obv GVG**
noord1	1,18	1,15	1,16	0,94
noord2	0,81	0,81	0,44	0,81
noord3	0,00	0,01	0,01	0,00
noord4	0,17	0,21	0,23	0,15
noord5	0,56	1,00	0,81	1,00
zuid1	0,21	0,27	0,27	0,23
zuid2	0,15	0,15	0,15	0,10
zuid3	0,47	0,48	0,31	0,47
zuid4	0,56	0,58	0,58	0,41
TOTAAL	4,09	4,65	3,96	4,13

In tabel 6 is de toe- of afname van het areaal geschiktheid van de grondwaterstanden in de kadeteen (in ha) bij het voorgenomen peil op het Achterwaterschap van NAP -0,90 m ten opzichte van de huidige situatie weergegeven (dus ten opzichte van tabel 5). Allereerst valt op dat de geohydrologische condities voor vochtig hooiland achteruit gaan dan wel gelijk blijven (per saldo 0), terwijl voor nat schraalland de geohydrologische condities ten tijde van GVG oen/ of GLG in een aantal deelgebieden toeneemt. Dit is op zich niet vreemd omdat nat schraalland voorkomt bij minder hoge grondwaterstanden. Waar de condities eerst geschikt waren voor vochtig hooiland (en eventueel te nat voor nat schraalland), kunnen deze door de iets lagere grondwaterstanden als gevolg van de peilverlaging op het Achterwaterschap in het voordeel van nat schraalland uitpakken. Daarnaast valt deelgebied Noord5 op (waar nu geen nat schraalland of vochtig hooiland voorkomt) vanwege het relatieve grote verlies aan geschikt areaal. Dit is echter goed te verklaren omdat dit deelgebied tegen een polderpeil aanligt dat 0,20 m lager staat dan dat bij de overige deelgebieden. Het verschil met het boezem wordt hier dus relatief het groots. Bovendien was al geconstateerd dat de

grondwaterstand in de kadeteen voor een groot deel bepaald wordt door die in de teensloot. Het verschil daarmee ten opzichte van de overige gebieden is het grootst. Waar de grondwaterstand dan ook nog minder dan elders, wordt aangevuld vanuit de boezem (druk).

Tabel 6. Toe- of afname van het areaal geschiktheid van de grondwaterstanden (in ha) in de kadeteen bij het voorgenomen peil op het Achterwaterschap van NAP -0,90 m ten opzichte van het huidige peil NAP -0,75 m.

Toename (groen) /afname (rood) geschikt areaal (ha)				
Deelgebied	Vochtig hooiland obv GLG	Vochtig hooiland obv GVG	Nat schraalland obv GLG	Nat schraalland obv GVG
noord1	0,01	0,00	-0,04	0,01
noord2	0,00	0,00	0,03	0,00
noord3	0,00	0,00	-0,01	0,00
noord4	0,01	0,00	0,01	-0,01
noord5	0,10	0,03	0,04	0,22
zuid1	0,02	0,00	0,01	-0,03
zuid2	0,00	0,00	0,00	0,00
zuid3	0,00	0,00	-0,01	0,00
zuid4	0,01	0,00	-0,01	-0,01
Totaal	0,15	0,04	0,02	0,17
Totaal zonder deelgebied 5	0,04	0,01	-0,01	-0,04
Totaal zonder huidig voorkomen	**0,027**	**0,008**	**-0,021**	**-0,026**

Kijken we over het geheel aan potentiële deelgebieden dan zien we een verlies aan geschikt areaal voor vochtig hooiland van 0,17 ha en een toename voor nat schraalland van 0,02 ha. Per saldo zou dat een verlies betekenen van 0,15 ha aan kadeteen waar de condities voor grondwaterafhankelijke vegetaties niet langer geschikt zijn. Nemen we deelgebied Noord5 niet mee (vanwege het lagere peil in de teensloot waardoor de condities hier sowieso minder geschikt zijn) dan bedraagt het verschil tussen af- en toename nog 0,03 ha. Kijken we echter alleen naar de deelgebieden waar in de huidige situatie ook daadwerkelijk grondwater-afhankelijke vegetaties voorkomen, dan is er een verwaarloosbaar verlies aan areaal (van 0,006 ha).

In de deelgebieden waar nu (of in de toekomst) blijkens de geohydrologische condities geschikt zijn voor grondwaterafhankelijke vegetaties, maar deze niet voorkomen, moeten andere factoren limiterend zijn. Dat kan bodemchemie zijn.

6. Discussie en conclusie

6.1. Discussie

In een aantal deelgebieden c.q. trajecten van de kadeteen waar op basis van vooraf geduide potentie nat schraalland of vochtig hooiland voor zou kunnen komen, is dit ook daadwerkelijk het geval. Deze vegetaties komen met name voor geheel in het westen (tegen Boezems Kinderdijk aan), bij de Zijdebrug en het westelijk deel van de Donkse Laagten. De aangetroffen vegetaties op de onderzochte locaties zijn alle kwalificerend en (zeer) soortenrijk en bevatten veel kenmerkende en bijzondere soorten. De kadeteen van het Achterwaterschap is daarmee over een grote lengte van bijzondere vegetatiekundige betekenis. Dit geldt eveneens voor de uitstekken bij de Zijdebrug als in het westelijk deel van de Donkse Laagten.

Resumerend kan gesteld worden dat de bodemchemische condities in zowel de kadeteen, waar de vegetatie overwegend in de sfeer ligt van vochtig hooiland, als in de uitstekken, waar de vegetatie eerder overwegend in de sfeer ligt van nat schraalland, op orde is. De parameters die samenhangen met basenrijkdom hebben in vochtig hooiland hogere waarden dan in nat schraalland, wat we ook hier zien. Wel zien we sterke kenmerken van uitloging in de uitstekken. Hiervoor kan geconcludeerd worden dat de basen in de wortelzone niet in voldoende mate aangerijkt worden vanuit het grondwater.

Zowel in de uitstekken als in de kadeteen zien we verhoogde waarden voor basen. Dit is een gevolg van oxiadtieprocessen, die – vanwege de lagere grondwaterstand hier - in de kadeteen het sterkst zijn. Deels zal dit leiden tot uitloging. We zien dit al terug in uitstekken. In de kadeteen zijn de waarden voor basen in de bodem nog erg hoog vanwege de klei die hier nog op / in het veen aanwezig is.

Het grondwater in de kadeteen wordt kwalitatief niet of nauwelijks beïnvloed door kwel vanuit de boezem. Een kwalitatieve relatie lijkt er eerder te zijn voor de uitstekken. Dit duidt erop dat het ondiepe grondwatersysteem een sterkere uitwisseling met het polderwatersysteem heeft (een hogere horizontale doorlatendheid dan verticale doorlatendheid; dus ook laterale indringing). Dat de kwel vanuit de boezem vooral richting de uitstekken trekt blijkt ook uit de kwel-indicerende plantensoorten direct in de oever van de teensloot. De teensloot vangt waarschijnlijk de kwel vanuit de boezem grotendeels af dan wel, dat de kwel tot onder de uitstekken komt maar niet tot in de wortelzone reikt vanwege het hangwater dat hier als een pakket op ligt in combinatie met een te laag peil. Waar de waarden in het grondwater in de uitstekken (met name locatie 7 en 8) duidt op een basenrijk systeem, zien we dat niet terug in de bodemchemie. Er is dus wel kwalitatief goed grondwater in de uitstekken (met een duidelijke kwalitatieve relatie met het boezem- c.q. teenslootwater) aanwezig maar het lijkt de wortelzone niet te bereiken.

In de uitstekken zal er geen effect zijn van de voorgenomen peilverlaging op de grondwaterstand, welke bepaald wordt door het polderpeil. Wel zal er sprake zijn van een afname van de kwelflux waardoor er minder basen worden aangevoerd. Gelet op de resultaten en hetgeen hierboven geschreven staat over het hangwater, is het de vraag of die in de huidige situatie dus sowieso in de wortelzone terechtkomen. Omdat dit nu zeer waarschijnlijk niet het geval is en in de toekomst in principe zal verminderen, wordt de situatie wel verslechterd en ligt er een kwalitatieve opgave. Het kan soelaas bieden om de teensloot bij een uitstek deels of geheel te dempen waardoor er minder kwelwater naar de teensloot zal gaan en de invloed in de uitstekken zal toenemen. Waarschijnlijk helpt het hierbij om tot in het voorjaar een hoger peil te handhaven zodat minder water wordt afgevoerd. De uitstekken waar de verzuring zichtbaar wordt aan de vegetatie en waar he dempen of verontdiepen van de teensloot het meest kansrijk lijkt, zijn die waarin monsterlocatie 10 en 12 liggen. Gelet op de lengte van deze uitstekken is hier een goede kwalitatieve impuls te behalen. De effectiviteit hiervan dient nader met een hydrologische studie in beeld te worden gebracht. De noodzaak voor deze verbetering is, gelet op de aanwezige vegetatie, (vooralsnog) niet noodzakelijk bij de uitstekken waarin monsterlocatie 7 en 8 liggen.

De grondwaterstand in de kadeteen wordt vooral ook bepaald door die in de teensloot. Omdat hier niets in wijzigt, is het effect van de voorgenomen peilverlaging (zeer) beperkt (wat ook al in eerdere studies was aangetoond), zeker wanneer alleen gekeken wordt naar die delen van de kadeteen waar in de huidige situatie grondwaterafhankelijke vegetaties voorkomen.

De verwachting is dat in de randzone van het knikpunt tussen kade en teen de situatie wel eens zodanig zou kunnen verbeteren dat er per saldo sprake is van een toename van het areaal kadeteen waar tegemoet wordt gekomen aan de preferente grondwaterstanden. De reden hiervoor is dat in het knikpunt van (delen) van de trajecten met een brede kadeteen (> 5 m), er in de huidige situatie veelal sprake is van te natte omstandigheden. Er treedt dan grondwater uit bij het knikpunt, waardoor hier andere vegetaties voorkomen. Deze zijn veelal door pitrus (daar waar insporing heeft plaatsgevonden; zie foto 1), oeverzegge of paddenrus gedomineerd. Soorten van meer permanent natte condities.

Foto 1. In het knikpunt waar de kadeteen een minimale breedte heeft van 5 m, treedt veelal grondwater uit (vanuit de kade) waardoor er hier – zeker indien er insporing heeft plaatsgevonden – sprake is van permanent natte condities waarin een soort als pitrus goed gedijd.

In een dergelijke situatie is een verbetering van omstandigheden mogelijk door verlaging van het boezempeil. Op het knikpunt zal de grondwaterstand iets dalen, waardoor het netto-effect van de peilverlaging klein is. Waar de kadeteen smaller is, speelt dit fenomeen in de huidige situatie niet waardoor er hier in de toekomstige situatie geen verbetering kan plaatsvinden, immers: het boezempeil gaat naar beneden waardoor de grondwaterstand ter plaatse van de knik (verder) daalt. Omdat de verwachting is dat de grondwaterafhankelijke vegetaties richting knikpunt van de kade en de teen kunnen opschuiven is in het knikpunt op de locaties 1, 3, 4 en 5 aanvullend bodemchemisch onderzoek gedaan. De belangrijkste resultaten zijn weergegeven in tabel 7.

Tabel 7. Belangrijkste bodemchemische karakteristieken in het knikpunt tussen kade en teen op vier locaties.

locatie knikpunt	pH(water)	Al (mmol/L)	Ca (mmol/L)	Fe (mmol/L)	Mg (mmol/L)	P (mmol/L)	S (mmol/L)	S/[Ca+Mg]	Fe/P	basenverzadiging (%)
1	6,8	951	172	282	110,2	19,1	49,1	0,2	14,7	98,0
3	6,6	1096	165	305	125,8	19,8	49,5	0,17	15,35	99,0
4	6,8	947	204	291	110,2	19,7	56,6	0,18	14,79	100,0
5	6,9	811	146	251	94,5	17,9	41,2	0,17	14,03	99,0

Wanneer we de gevonden waarden vergelijken met die uit tabel 2 dan zien we dat de condities in het knikpunt zeer geschikt zijn voor vochtig hooiland. Verwacht mag worden dat bij een wat lagere grondwaterstand in het knikpunt als gevolg van de voorgenomen peilverlaging, zich hier – vanuit de bestaande vegetaties alhier in de kadeteen – vochtig hooiland zal ontwikkelen (de vegetatie schuift als het ware op c.q. breidt zich uit).

6.2. Conclusie

Het voorliggend ecohydrologisch onderzoek heeft geleid tot de volgende antwoorden op de geformuleerde onderzoeksvragen:

1. Komen er in de huidige situatie vegetaties in de kadeteen en uitstekken voor die vegetatiekundig overeenkomen over grote gelijkenis vertonen met nat schraalland en vochtig hooiland?
Ja, deze vegetaties bevinden zich met name geheel in het westen tegen Boezems Kinderdijk, rondom de Zijdebrug en in het westelijk deel van de Donkse Laagten.

2. In welke mate is er in de huidige situatie in de kadeteen (het vlakke deel tussen het kadetalud en de teensloot) sprake van preferente grondwaterstanden voor nat schraalland en vochtig hooiland en in hoeverre veranderd als gevolg van de voorgenomen peilverlaging? Met andere woorden ook: wordt de grondwaterstand (mede) bepaald door het peil in de boezem?
Over een relatief groot oppervlak van de kadeteen wordt in de huidige situatie tegemoet gekomen aan de preferente grondwaterstanden van nat schraalland of vochtig (wat niet wil zeggen dat deze vegetaties ook over dat oppervlak voorkomen). De voorgenomen peilverlaging heeft hier niet of nauwelijks effect, zeker wanneer je alleen naar het effect kijkt ter plaatse waar deze vegetaties nu voorkomen. Omdat de situatie in het knikpunt sterk kan verbeteren (zie par. 6.1), kan het effect zelfs een netto-toename zijn van het areaal waarover preferente grondwaterstanden voorkomen.

3. Wijst de grondwaterkwaliteit in de kadeteen op kwel vanuit de boezem? En komt deze kwaliteit tegemoet aan de eisen van nat schraalland en vochtig hooiland?
Nee, er lijkt geen kwalitatieve relatie te zijn tussen het grondwater in de kadeteen en het boezemwater. De kwaliteit van het grondwater in de kadeteen komt echter zeer tegemoet aan de eisen van nat schraalland en vochtig hooiland maar dit is met name een gevolg van een combinatie van relatief hoge grondwaterstanden in de kadeteen en bodemchemische processen (en het feit dat er sprake is van enige kleilaagjes in c.q. tussen het veen.

4. Wat zijn de bodemchemische condities in de kadeteen? En komen deze condities overeen met de eisen van nat schraalland en vochtig hooiland? Wat zijn de te verwachten effecten van de voorgenomen peilverlaging?
De bodemchemische condities in de kadeteen zijn op de onderzochte locaties zeer passend bij nat schraalland dan wel vochtig hooiland; de basenrijkdom en -verzadiging is hoog en de nutriëntenbeschikbaarheid is laag. Er is geen effect op c.q. verslechtering van de bodemchemische condities in de kadeteen als gevolg van de voorgenomen peilverlaging.

5. Wijst de grondwaterkwaliteit in de uitstekken op kwel vanuit de boezem? En komt deze kwaliteit tegemoet aan de eisen van nat schraalland en vochtig hooiland? Wat zijn de te verwachten effecten van de voorgenomen peilverlaging?
De grondwaterkwaliteit in de uitstekken wijzen op een relatie met het boezemwater. De kwaliteit is gunstig voor nat schraalland (dan wel vochtig hooiland). De voorgenomen peilverlaging zal de grondwaterkwaliteit in de uitstekken negatief beïnvloeden, althans voor zover deze tot in de wortelzone reikt. Omdat het er op lijkt dat dit in de huidige situatie ook niet constant of veelvuldig gebeurd, wordt de situatie wel verslechterd en ligt er een kwalitatieve opgave. Het kan soelaas bieden om de teensloot bij een uitstek deels of geheel te dempen waardoor er minder kwelwater naar de teensloot zal gaan en de invloed in de uitstekken zal toenemen. Waarschijnlijk helpt het hierbij om tot in het voorjaar een hoger peil te handhaven zodat minder water wordt afgevoerd. De uitstekken waar de verzuring zichtbaar wordt aan de vegetatie en waar he dempen of verontdiepen van de teensloot het meest kansrijk lijkt, zijn die waarin monsterlocatie 10 en 12 liggen. Gelet op de lengte van deze uitstekken is hier een goede kwalitatieve impuls te behalen. De effectiviteit hiervan dient nader met een hydrologische studie in beeld te worden gebracht. De noodzaak voor deze verbetering is, gelet op de aanwezige vegetatie, (vooralsnog) niet noodzakelijk bij de uitstekken waarin monsterlocatie 7 en 8 liggen.

60259 0048

6. Wat zijn de bodemchemische condities in de uitstekken? En komen deze condities overeen met de eisen van nat schraalland en vochtig hooiland? Wat zijn de te verwachten effecten van de voorgenomen peilverlaging?
De bodemchemische condities in de uitstekken zijn momenteel nog grotendeels gunstig voor nat schraalland. Voor vochtig hooiland in (veel) mindere mate. Dit is een gevolg van uitloging van basen die niet aangevuld worden vanuit het grondwater omdat het hangwater dit verhindert (werkt als een deksel). De maatregel beschreven onder 5 kan hier soelaas bieden, evenals het zeer incidenteel aanbrengen van buffer middels dun uitspreiden van slootbagger (uit aanliggende, niet door landbouw beïnvloede sloten.

Resume
De voorgenomen peilverlaging heeft geen netto-negatief effect op de standplaatscondities in de kadeteen langs het Achterwaterschap voor nat schraalland of vochtig hooiland. Er is geen afhankelijkheid waar het gaat om de kwaliteit van de standplaats en nauwelijks een afhankelijkheid waar het gaat om de grondwaterstanden. Nabij het knikpunt kunnen condities zelfs verbeteren. Als we kijken naar de NNN-ambitiekaart dan lijkt het e niet op dat de haalbaarheid hiervan negatief wordt beïnvloed. Waar in delen in de huidige situatie weliswaar de grondwaterstanden in het preferente bereik liggen maar de grondwaterafhankelijke vegetaties ontbreken, zouden sowieso maatregelen genomen moeten worden om die ambitie te realiseren. Dit verandert niet als gevolg van de voorgenomen peilverlaging. Het gaat hierbij dan met name om het oostelijk deel van de kadeteen van de Donkse Laagten en de kadeteen hier oostelijk van. Een voor de hand liggende maatregel hier is plaggen. Dit is niet alleen nodig om een groter oppervlak binnen het preferente grondwaterregime te krijgen maar (me name) om de bodemchemische condities te verbeteren, die waarschijnlijk in de huidige situatie hier tekort schieten. Daarmee komt de ambitie nat schraalland hier meer binnen bereik.

In het deel ten westen van de Zijdebrug mag de ambitie over een groot deel van kadeteen absoluut worden verhoogd naar vochtig hooiland (waar het nu nog kruiden- en faunarijk grasland is).

De uitstekken vertonen in de huidige situatie (sterke) kenmerken van uitloging. Vanwege de kwalitatieve relatie van het grondwater met het boezemwater, kan het hier helpen om kwel meer in de wortelzone te brengen door de teensloot geheel of deels te verontdiepen en eventueel het oppervlaktewaterpeil iets (ca. 5 cm) op te zetten. De uitstekken waar de verzuring zichtbaar wordt aan de vegetatie en waar he dempen of verontdiepen van de teensloot het meest kansrijk lijkt, zijn die waarin monsterlocatie 10 en 12 liggen. Gelet op de lengte van deze uitstekken is hier een goede kwalitatieve impuls te behalen. De effectiviteit hiervan dient nader met een hydrologische studie in beeld te worden gebracht. De noodzaak voor deze verbetering is, gelet op de aanwezige vegetatie, (vooralsnog) niet noodzakelijk bij de uitstekken waarin monsterlocatie 7 en 8 liggen. Deze maatregel kan goed worden gecombineerd met de realisatie van de ecologische verbindingszone. Het verdient aanbeveling om deze maatregel c.q. ingreep te overleggen met Staatsbosbeheer (eigenaar en beheerder van de uitstekken).

7. Literatuur

Van Doorn, A. 2019. Hydrologische effecten van een peilverlaging van 15 cm van het Achterwaterschap. Acacia Water, kenmerk AW_051(2)_190914 (11 maart 2019). In opdracht van Infram.

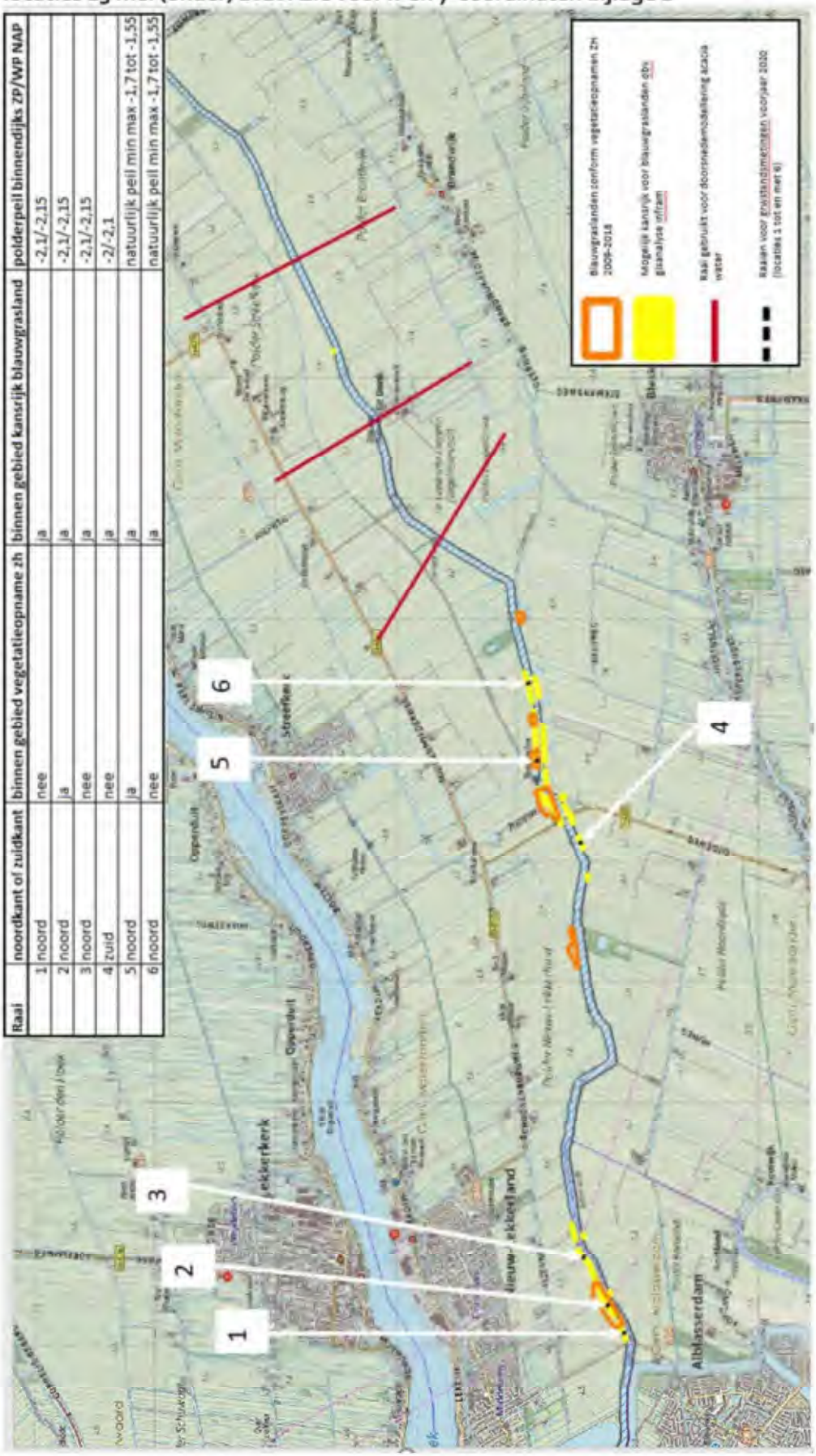
Van de Haterd, R.J.W. & M.H. Jalink, 2020. Ecologische effecten peilverlaging Achterwaterschap. Bureau Waardenburg en KWR, kenmerk 19-0727 - 19.09904. In opdracht van Infram en Waterschap Rivierenland.

Van Wachtendonk, A. & A. Krikken, 2018. Geohydrologische effecten peilverlaging in het Achterwaterschap. Royal HaskoningDHV, kenmerk BF5204WATNT1810310917. In opdracht van Infram en Waterschap Rivierenland.

60259 0048

Bijlage 1. Locatie peilbuizen grondwaterstandsmeting 10 april (boven) en de 12 bemonsterde locaties 25 mei (onder) 2020. Zie voor x-en y-coördinaten bijlage 2

Raai	noordkant of zuidkant	binnen gebied vegetatieopname zh	binnen gebied kansrijk blauwgrasland	polderpeil binnendijks ZP/WP NAP
1	noord	nee	ja	-2,1/-2,15
2	noord	ja	ja	-2,1/-2,15
3	noord	nee	ja	-2,1/-2,15
4	zuid	nee	ja	-2/-2,1
5	noord	ja	ja	natuurlijk peil min max -1,7 tot -1,55
6	noord	nee	ja	natuurlijk peil min max -1,7 tot -1,55



4
10
11
6
12
3
5
8
7
9
2
1

Bijlage 2. Grondwaterstanden in de peilbuizen

veldwerk 8 en 10 april 2020
Plaatsen boorgaten en peilen grondwaterstand

raai	locatie volgnr	x	y		grw stand cm -mv	
1	1	106097	432121		35	
1	3	106095	432124		30	
2	1	106316	432246		40	
2	3	106314	432249		29	
3	1	106717	432446		35	
3	2	106716	432447		28	
3	3	106714	432451		41	
4	1	110146	432471		51	
4	2	110145	432469		38	
4	3	110148	432464		46	
5	1	110835	432837		30	
5	3	110835	432839		25	
6	1	111461	432904		35	
6	3	111461	432908		16	

locatie volgnr als volgt: 1 = net buiten de insteek van de kade, 2 = midden op het vlakke deel, 3 = naast de teensloot maar buiten de rug met schoonsel
opm: locatie 2 is niet overal gedaan vanwege de beperkte breedte van het vlakke deel

veldwerk 23 (plaatsen grondwaterbuizen) en 25 mei (peilen grondwaterstanden) 2020
Plaatsen boorgaten en peilen grondwaterstand

locatie volgnr	x	y		grw stand cm -mv	
1	106097.2	432118.7		53	
2	106334.4	432262.4		37	
3	110835.4	432835.5		29	
4	111461.7	432904.3		37	
5	110766	432770		27	
6	111212.8	432799		31	
7	110523.2	432787.8		1	
8	110616.4	432718.2		32	
9	110416.4	432687.2		30	
10	111324.2	432897.3		15	
11	111173	432859		41	
12	110866	432859		23	

Bijlage 3. Deelgebieden geohydrologisch onderzoek

Bijlage 4. Analysemethoden water- en bodemmonsters

Aan de watermonsters werd de pH gemeten met een standaard Ag/AgCl2 elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De EGV werd bepaald met een HACH EGV-probe verbonden met een HQD-meter. De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific of, ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO_3-), ammonium (NH_4+) en fosfaat (PO_{43}-) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl-) werd colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na+) en kalium (K+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

Aan het vastvolume bodemmonster werd het vers- en drooggewicht bepaald. Aan de bodem werden voorts de volgende analyses uitgevoerd:

Organische stof De fractie organisch stof in de bodem werd via het gloeiverlies bepaald. Hiertoe werd gedroogd bodemmateriaal gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.
Destructie Door de bodem en plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega of Ethos Easy) werden geplaatst. De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. Het destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.
Olsenextractie Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plantbeschikbaar fosfaat worden bepaald. Hiertoe werd aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l-1 natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.
Water- en Zoutextractie Met een water- en zoutextractie kunnen de vrij in de bodem aanwezige ionen of de zoutuitwisselbare ionen bepaald worden. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2 mol l-1 NaCl) of 50 ml demiwater gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.
Strontiumextractie Met een strontiumextractie kan de concentratie strontium-uitwisselbare ionen bepaald worden. Hiervoor werd vers materiaal ingewogen overeenkomstig met 5 gram droog materiaal (minerale bodems) of 2,5 gram droog materiaal (veenbodems) en met 200 ml strontiumchloride (0,2 mol l-1), geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard en bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analysers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

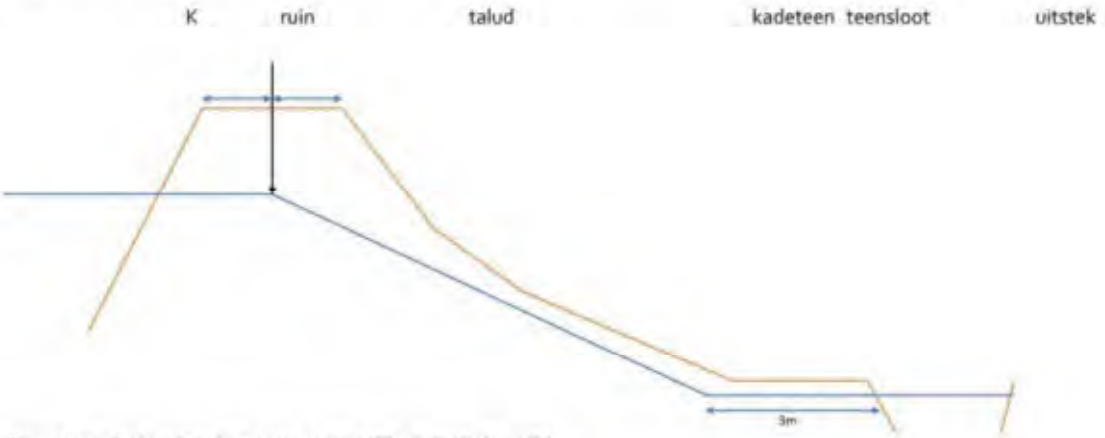
De formules voor het berekenen van de uitwisselbare kation capaciteit (CEC) en de basenverzadiging zijn:
- CEC (µmol/g DW) = [3*(AlSr-Alw) + 2*(CaSr-Caw) + 2*(MgSr-Mgw) + 2*(MnSr-Mnw) + 2*(ZnSr-Znw) + (NaSr-Naw) + 2*(FeSr-Few) + (KSr-Kw) + (HSr-Hw) + (NH_4Sr-NH_4w)].
- Basenverzadiging (%) = [2*(CaSr-Caw) + 2*(MgSr-Mgw) + (KSr-Kw)] / [CEC] x 100 %.

60259 0048

Bijlage 5. Toelichting gebruikt hydrologisch model

Het effect van peilverlaging is bepaald in QGIS (Versie 3.8.3), waarbij een simpel hydrologisch model is gebruikt. In dit model wordt aangenomen dat het water lineair van het hoge (boezem)peil naar het lagere (polder)peil stroomt, waarbij er geen verschillen in ondergrond (bodem) worden meegenomen en effecten van verdamping en neerslag niet zijn meegenomen. In werkelijkheid betekent deze curve -gemiddeld gezien- een onderschatting van de freatische lijn in de winter/voorjaarsperiode, omdat door het neerslagoverschot er sprake zal zijn van een opbolling van de grondwaterstand in deze periode. In de zomerperiode geldt het omgekeerde: door een verdampingsoverschot is de curve een overschatting.

Dit geldt in beide periodes niet voor de grondwaterstanden dicht bij het oppervlaktewaterpeil. De aanname is dat op een afstand van 3 meter van boezempeil of slootpeil de grondwaterstand gelijk is aan het oppervlaktewaterpeil. Deze afstand representeert de indringingsafstand van het slootpeil/boezempeil. In veengebied is deze klein. De in deze analyse gebruikte representatie van de freatische curve door een dijklichaam wordt door Waterschap Rivierenland ook gebruikt bij de toetsing van de regionale kades. Dit wordt nog nader bevestigd door het modelonderzoek van Acacia Water. Zie figuur B5-1 voor een schets van de gebruikte schematisatie.



Figuur B5-2. Schematische weergave simpel hydrologisch model.

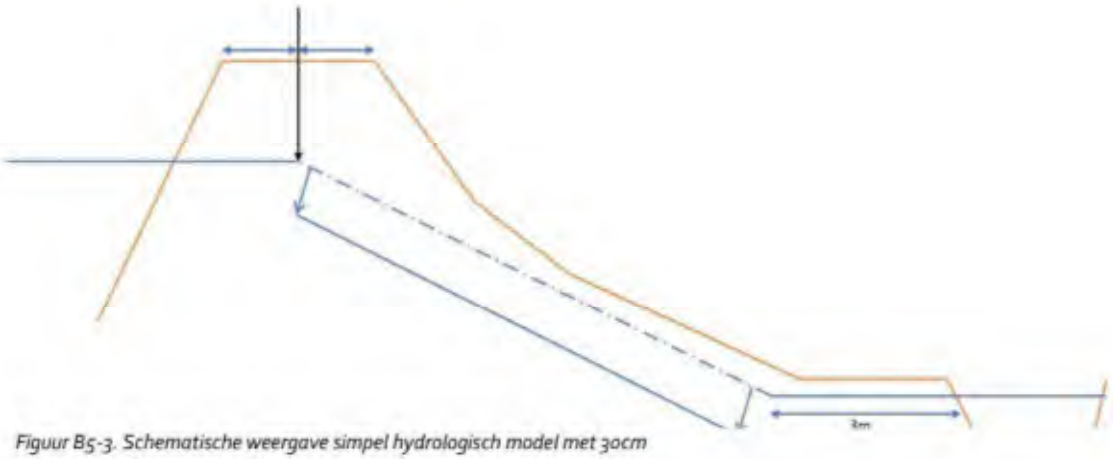
Voor de bepaling van de geschiktheid van de vegetatietypen worden de grondwaterstanden die niet direct langs het oppervlaktewater liggen gecorrigeerd voor zomer- en voorjaarssituatie.

Deze correctie gebeurt aan de hand van een analyse van een selectie van peilbuizen, die binnen hetzelfde gebied liggen en representatief zijn voor het systeemgedrag van het grondwater in de dijkteen. De peilbuizen zijn representatief geacht als ze vergelijkbare bodemopbouw (veen), diepte (filter in bovenste 5 meter) en afstand tot sloot hebben (<10m van sloot).

Voor de analyse is een representatieve GLG nodig voor het gebied. Deze is bepaald door de meetreeksen van de peilbuizen te analyseren. Uit deze analyse (bijlage 1) blijkt dat de GLG gemiddeld gezien 30 cm lager ligt dan de langjarig gemiddelde waterstand van de peilbuizen. Voor de analyse van geschiktheid van de vegetatietypen in de droge situatie is deze gecorrigeerd door 30 cm af te trekken van de curve (zie figuur B5-2).

Analyse van de voorjaarssituatie wijst uit dat de GVG gemiddeld 10 cm hoger ligt dan de gemiddelde grondwaterstand. Hiervoor is eveneens gecorrigeerd.

De lineaire waterstroming is in QGIS berekend met een TIN-interpolatie van het boezempeil naar het polderpeil. Voor de boezemlandjes is uitgegaan van een constant boezempeil: een lineair peil van -75cm NAP of -90cm NAP.



Figuur B5-3. Schematische weergave simpel hydrologisch model met 30cm waterstandsdaling voor GLG.

Nadat een peil onder maaiveld verkregen was, kon de geschiktheid voor de verschillende vegetatietypen bepaald worden. Hierbij werd gebruik gemaakt van de volgende geschiktheidstabellen

Tabel B5-1. Grondwaterstand in cm per geschiktheidsklasse voor de gemiddeld laagste grondwaterstand.

	GLG (cm +mv)					
	Optimaal		*Suboptimaal*		*Buiten bereik (ongeschikt)*	
	A1	*A2*	*B1*	*B2*	*C1*	*C2*
Nat schraalland	-30 tot -50	-	-20 tot -30	-50 tot -70	>-20	<-70
Hooiland	-20 tot -40	-	0 tot -20	-40 tot -60	>0	<-60

Tabel B5-2. Grondwaterstand in cm per geschiktheidsklasse voor de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand.

	GVG (cm +mv)					
	Optimaal		*Suboptimaal*		*Buiten bereik (ongeschikt)*	
	A1	*A2*	*B1*	*B2*	*C1*	*C2*
Nat schraalland	0 tot -20	-	5 tot 0	-20 tot -30	>5	<-30
Vochtig hooiland	10 tot -20	-	20 tot 10	-20 tot -40	>20	<-40

De geschiktheid van de locaties voor de vegetaties is onderverdeeld in drie categorieën: ongeschikt, suboptimaal en optimaal, voor zowel de GLG als GVG situatie. Om het verschil tussen te droog of te nat (voor suboptimaal en onbereikbaar) aan te geven, zijn er vijf categorieën gebruikt:
Onbereikbaar (droog), suboptimaal (droog), optimaal, suboptimaal (nat) en onbereikbaar (nat).

Omdat in dit model geen rekening wordt gehouden met oppervlakkige afstroming, stopt de classificering wanneer het peil boven maaiveld uitkomt. Er is dus geen poelvorming. Hierdoor kan het bij de GVG van Vochtig Hooiland alleen te droog of optimaal zijn, terwijl in werkelijkheid de optie te nat ook bestaat.

1.1 Bijlagen bij B5

Stappenplan interpolatie:

Doel	Input	Tool	Output
Slotenpolygoon maken			
Minder groot werkgebied	Aangeleverd: AHN_3 (38dn1, 38CN2), Zelf: masks kansrijke gebieden	Clip (clip raster with polygon)	Kleinere ahn-rasterdatasets met nodata
NoData opvullen	Kleine AHN's	Reclassify (NB: kan alleen in QGIS 2.18) Instellingen: Reclassify nodata aangevinkt, value = 10 Reclassify other data uitgevinkt	Opgevulde ahn-rasterdataset met waarde 10 in sloten
Rasterdataset met 1 waarde voor sloten, 1 waarde voor land	Opgevulde raster van AHN	Raster calculator Formule: [naam raster] > 9	Raster dataset met sloten waarde 1, land waarde 0
Polygoon maken van sloten	Rasterdataset met waarden 1 en 0	Raster to polygon (polygoniseren (GDAL))	Polygoon met waarden 1 en 0
Sloten uit polygoon knippen	Polygoon met waarden 1 en 0	Attributetable → selecteer alle attributes met waarde 0 → verwijderen	Sloten-polygoon
Geometriefouten verwijderen	Sloten-polygoon	Bewerkingstool, met de hand de lege 'eilandjes'verwijderen	Sloten-polygoon (zonder geometriefouten)
Sloten geschikt maken voor interpolatie			
Peil toevoegen	Peilgebieden (aangeleverd) Sloten-polygoon	Attributen koppelen op veldwaarden Note: eerst zorgen dat beiden inputbestanden een peilnummer krijgen (ID peilgebied o.i.d.) zodat ze daaraan gekoppeld kunnen worden	Slotenpolygoon met peil
3 meter buffer (want interpolatie mag 3m van de rand van de sloot zijn)	Sloten-polygoon met peil	Enkelzijdige buffer Instelling: Rechts 3 m	Buffer van 3 meter (inclusief peil)
Lijn maken van buffer	Buffer	Polygoon naar lijn	3m_buffer_lijn (inclusief peil)
Overbodige lijnstukken verwijderen	- 3m_buffer_lijn - Mask over lijnen die je wil behouden	Clip (Polygon clipping)	Teenslootrand_Lijnstukken
Lijnstukken samenvoegen	Lijnstukken 3m buffer	Geometrieën aan een laag snappen	Teenslootrand_Lijnen
Boezempeil geschikt maken voor interpolatie			
Dijkkruinlijn peil toevoegen	Referentielijn regionaal (aangeleverd)	Attributetable, veldberekening: Veldnaam = peil Decimaal getal Precisie = 2 Formule: -0.75 (of -0.90)	Dijkkruinlijn met peil
Interpolatie			
Interpoleren	Dijkkruin_peil Teenslootrand_peil	TIN-interpolation Instellingen: Dijkkruinpeil en teenslootpeil toevoegen, type veranderen van "punten" naar "lijnen structureren". Lineaire interpolatie, geschikt bereik toevoegen, grootte pixel = 0.5	Interpolatie

Verdere verwerking:

Doel	Input	Tool	Output
Kansrijkheid-kaart maken			
Interpolatie verlagen met vastgestelde dynamiek	Dynamiek (75 % van 40 cm = 30cm) Interpolatielaag (="Raster") Boezempeil (=BP) Polderpeil (=PP)	Raster calculator: Formule: (Raster =< PP+0.5)*Raster+ (Raster>= BP-0.5)*Raster + (Raster >PP+0.5 AND Raster < BP-0.5)* (Raster – dynamiek) Celgrootte = 0.5	Raster met PP, BP en interpolatie -dynamiek
Peil onder maaiveld	- Output vorige stap - AHN	Raster calculator: Output – AHN	Peil onder maaiveld
Kansrijkheid-kaart met 3 en 5 Klassen maken	- Peil onder maaiveld - tabel met 3 of 5 klassen (waarden voor classificeren van Ecoloog)	Reclassify (opnieuw classificeren op tabel) 3: ongeschikt, suboptimaal, optimaal 5: ongeschikt droog, suboptimaal droog, optimaal, suboptimaal nat, ongeschikt nat	Kaart met 3 of 5 klassen
Verschil tussen boezempeil -0.75 en -0.90			
Verschilkaart kansrijkheid tussen huidig peil (-0.75) en mogelijk verlaagd peil (-0.90)	3 klassenraster van huidig peil (R75) 3 klassenraster van nieuw peil (R90)	Raster calculator: ((R90=R75)*0) + ((R90>R75)*1) + ((R90<R75)*(-1)) Celgrootte = 0.5	Kaart met verschil: -1: nieuw peil zorgt voor minder geschikt land dan oud peil +1 nieuw peil zorgt voor geschikter land dan oud peil

Peilbuizen:

Nummer	Afstand tot teensloot	Afstand tot sloot	Onderkant filter	10 percentiel	50 percentiel	90 percentiel	Dynamiek (cm)
B38C0968	4.443	4.443	-223	-220.4	-202	-187.6	32.8
B38D0354	6.568	6.568	-247	-197.7	-167	-154	43.7
B38D0356	2.204	2.204	-271	-201.3	-184	-163.4	37.9
B38D0388	13.833	9.907	-233	-154.8	-146	-138	16.8
B38D0405	5.040	5.040	-247	-160	-153	-139	21
B38D0406	1.688	1.688	-254	-168.6	-156	-141.2	27.4
B38D0407	8.263	8.263	-272	-167	-157	-141	26
B38D0420	12.238	4.974	-266	-184	-169	-156	28

BemestingsWijzer
Grasland
182 1 voor

Uw klantnummer: 8957924

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice@eurofins-agro.com
I www.eurofins-agro.com

Provincie Overijssel
Eenhheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Kopie

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
	768645/005094824	29-06-2020	08-07-2020

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag / vrij laag / goed / vrij hoog / hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	3090	1400 - 2050	
	C/N-ratio		12	13 - 17	
	N-leverend vermogen	kg N/ha	165	95 - 145	
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	13	20 - 30	
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	510	255 - 355	
	C/S-ratio		71	50 - 75	
	S-leverend vermogen	kg S/ha	13	20 - 30	
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	4,6	2,8 - 4,0	
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	220	150 - 215	
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	120	95 - 135	
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	115	95 - 145	
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	10	90 - 215	
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	1015	810 - 1215	
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	230	115 - 170	
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	195	50 - 155	
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	15	65 - 110	
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	20	30 - 45	
Fysisch	Zuurgraad (pH)		5,1	5,0 - 5,7	
	C-organisch	%	2,9		
	Organische stof	%	5,4		
	C/OS-ratio		0,54	0,45 - 0,55	
	Koolzure kalk	%	< 0,2	2,0 - 3,0	
	Klei (<2 µm)	%	< 1		
	Silt (2-50 µm)	%	9		
	Zand (>50 µm)	%	86		
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	59	> 63	
	CEC-bezetting	%	94	> 95	
	Ca-bezetting	%	68	75 - 85	
	Mg-bezetting	%	21	6,0 - 10	
	K-bezetting	%	3,9	2,0 - 5,0	
	Na-bezetting	%	1,2	1,0 - 1,5	
	H-bezetting	%	0,2	< 1,0	
	Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0	

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag / vrij laag / goed / zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0	
Verslemping	rapportcijfer	8,1	6,0 - 8,0	

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch	Vochthoudend vermogen	mm	21						
	Microbiële biomassa	mg C/kg	708	270 - 810					
	Microbiële activiteit	mg N/kg	87	125 - 175					
	Schimmel/bacterie-ratio		0,8	0,7 - 1,0					

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

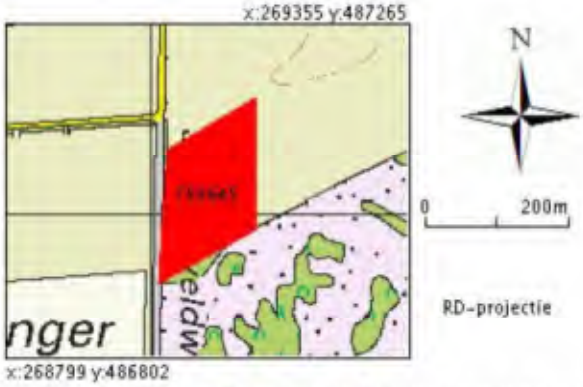
Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 40	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-PAE)	= 3,6	mg P/kg
Pw-getal	= 45	mg P_2O_5/l

Oostelijk Veehouderijgebied



Hoekpunten perceel: 269145 486977, 269145 487164, 269021 487091, 269009 486902, 269145 486977

Advies **Stikstof (N)** **2020 t/m 2023**

	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	327	zeer licht weiden	< 1000	48	13	11	11	12	11	11
		licht weiden	1000 - 1500	68	19	30	30	28	25	22
		normaal weiden	1500 - 2000	84	45	47	47	41	35	30
		licht maaien	2000 - 2500	98	68	62	62	50	42	
		normaal maaien	2500 - 3000	107	89	74	74	57		
		zwaar maaien	> 3000	113	106	83	83			
		standweiden		69	-	50	38	40	31	31

		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	2020 1e snede	2020 volgende snedes	2021 t/m 2023 1e snede	2021 t/m 2023 volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	0 (2e snede)	35	0 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		15	0	25	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		15	0	25	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	15	20 (3e maaien)	25	20
		normaal maaien	> 2500	15	25 (3e maaien)	25	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		40	15 (eenmalig)	60	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		40	85 (eenmalig)	60	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	80	50	100	70
		normaal maaien	> 2500	115	80	140	100

		2020	2021	2022	2023
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	120	120	120	120

		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	2020 1e snede	2020 volgende snedes	2021 t/m 2023 1e snede	2021 t/m 2023 volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)			0	0 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)			25	25 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)

		2020	2021	2022	2023
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	380	-	-	-
		Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 125			

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	0
	Calcium (CaO)	eenmalig	250
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
De P-buffering is 11 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

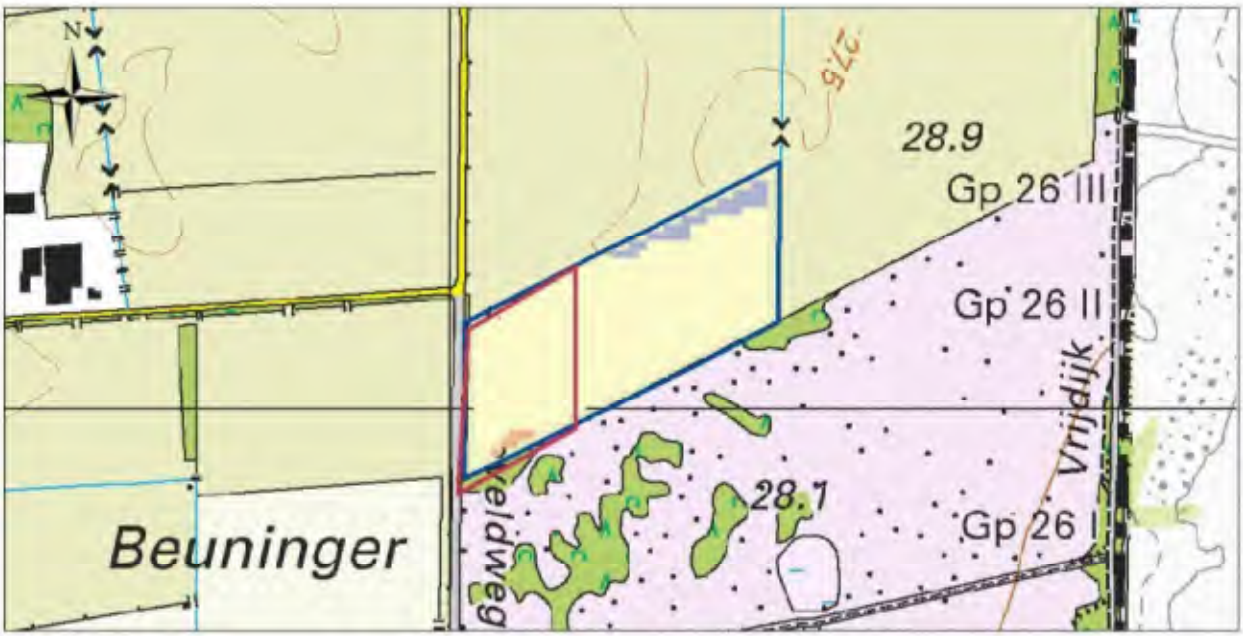
Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 24

Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

Bontheid



Legenda

Bodemscout

Gewasproductie

- Boven gemiddeld
- Gemiddeld
- Onder gemiddeld

Percelen

- Bemonsterd perceel
- Gewasperceel
- Perceelsvlak
- Bodemscoutvlak

Schaal: 1:5,000

Datum: 02-07-2020 Tijd: 06:25:43

BodemScout toont - gebaseerd op 9 jaar satellietbeelden - de structurele verschillen binnen een gewasperceel; waar deed het gewas het gemiddeld beter en waar slechter? Geeft de BodemScout aan dat uw perceel heel heterogeen is, dan kunt u eerst onderzoeken waardoor de verschillen veroorzaakt worden (zoals structuur, vochtbinding, (schadelijk) bodemleven, tekort aan nutriënten, pH-toestand) en vervolgens uw management aanpassen aan deze informatie.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Organische stof

Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 2,8

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Netto toename van effectieve organische stof.

Gewas(rest)	Aanvoer effectieve organische stof
Grasland 2e jaar na scheuren	1510
Grasland 3e jaar	2335
Grasland 4e jaar	2335
Grasland 5e jaar	2335
Gemiddelde aanvoer/jaar	2335

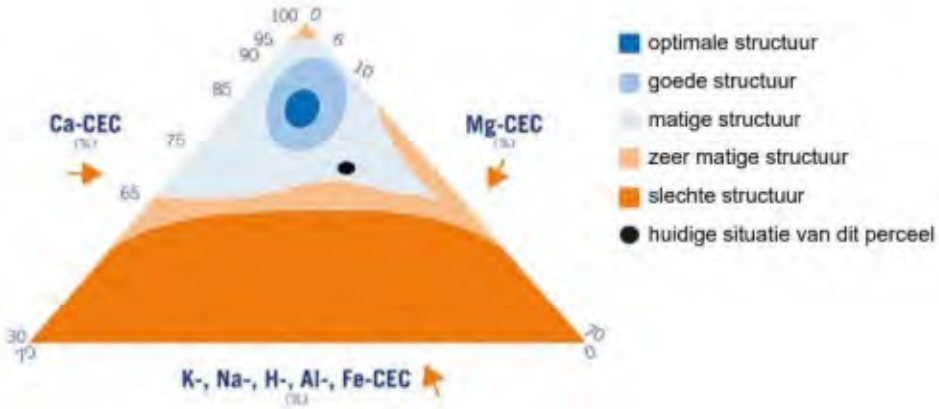
Figuur: Kwaliteit van de organische stof

Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek

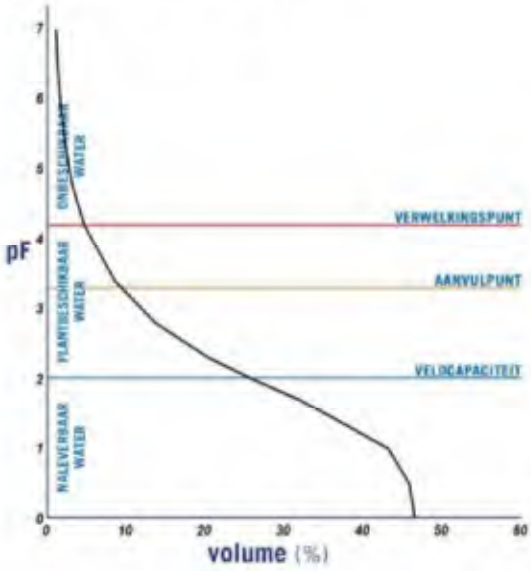


Fysisch **Figuur: Textuurdriehoek**

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 21 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 9,4 % vocht zit en geef dan 17 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, 5.1.2e
Contactpersoon monstername:	5.1.2e 5.1.2e
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Normaal

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Methode		Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse resultaten	N-totale bodemvoorraad	2440	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	S-plantbeschikbaar	9,9	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
	S-totale bodemvoorraad	405	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	P-plantbeschikbaar	3,6	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	P-bodemvoorraad	40	mg P_2O_5/100 g	Em: NIRS (TSC®)	
	K-plantbeschikbaar	94	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	K-bodemvoorraad	2,3	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-plantbeschikbaar	0,1	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-bodemvoorraad	44	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Mg-plantbeschikbaar	180	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Mg-bodemvoorraad	12,6	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Na-plantbeschikbaar	12	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Na-bodemvoorraad	0,7	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Zuurgraad (pH)	5,1		Em: NIRS (TSC®)	
	C-organisch	2,9	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	Organische stof	5,4	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	C-anorganisch	0,05	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Koolzure kalk	< 0,2	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei (<2 µm)	< 1	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Silt (2-50 µm)	9	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Zand (>50 µm)	86	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei-humus (CEC)	59	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële biomassa	708	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële activiteit	87	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Schimmel biomassa	206	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Bacteriële biomassa	247	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 01-07-2020

BemestingsWijzer
Grasland
171 4 achter

Uw klantnummer: 8957924

Provincie Overijssel
Eenhheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Kopie

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice@eurofins-agro.com
I www.eurofins-agro.com

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
	768676/005094824	29-06-2020	08-07-2020

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag / vrij laag / goed / vrij hoog / hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	2500	1420 - 2070	
	C/N-ratio		14	13 - 17	
	N-leverend vermogen	kg N/ha	140	95 - 145	
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	7	20 - 30	
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	400	255 - 360	
	C/S-ratio		90	50 - 75	
	S-leverend vermogen	kg S/ha	9	20 - 30	
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	3,3	2,8 - 4,1	
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	295	150 - 215	
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	195	95 - 140	
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	105	80 - 130	
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	10	90 - 215	
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	640	575 - 865	
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	215	115 - 170	
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	130	40 - 145	
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	15	65 - 110	
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	15	30 - 45	
Fysisch	Zuurgraad (pH)		5,1	5,0 - 5,7	
	C-organisch	%	2,8		
	Organische stof	%	5,1		
	C/OS-ratio		0,55	0,45 - 0,55	
	Koolzure kalk	%	< 0,2	2,0 - 3,0	
	Klei (<2 µm)	%	1		
	Silt (2-50 µm)	%	9		
	Zand (>50 µm)	%	85		
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	42	> 60	
	CEC-bezetting	%	86	> 95	
	Ca-bezetting	%	60	75 - 85	
	Mg-bezetting	%	20	6,0 - 10	
	K-bezetting	%	5,0	2,0 - 5,0	
	Na-bezetting	%	1,2	1,0 - 1,5	
	H-bezetting	%	0,2	< 1,0	
	Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0	

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag / vrij laag / goed / zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0	
Verslemping	rapportcijfer	8,0	6,0 - 8,0	

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch	Vochthoudend vermogen	mm	21						
	Microbiële biomassa	mg C/kg	409	255 - 765					
	Microbiële activiteit	mg N/kg	62	125 - 175					
	Schimmel/bacterie-ratio		0,3	0,7 - 1,0					

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

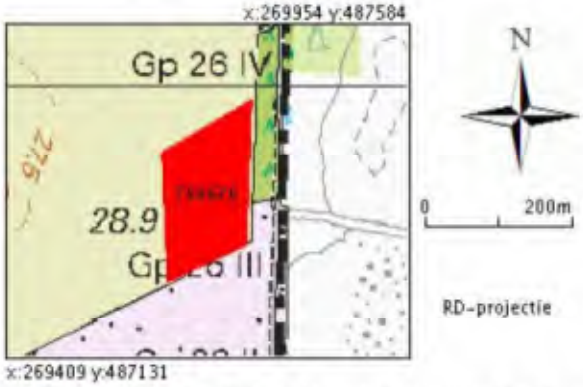
Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 53	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-PAE)	= 2,6	mg P/kg
Pw-getal	= 47	mg P_2O_5/l



Hoekpunten perceel: 269736 487281, 269743 487483, 269619 487410, 269627 487230, 269736 487281

171 4 achter

Advies	Stikstof (N)			2020 t/m 2023						
	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	345	zeer licht weiden	< 1000	53	14	11	11	13	12	12
		licht weiden	1000 - 1500	74	21	31	31	29	26	23
		normaal weiden	1500 - 2000	90	48	49	49	42	36	32
		licht maaien	2000 - 2500	104	71	64	64	52	43	
		normaal maaien	2500 - 3000	114	93	77	77	59		
		zwaar maaien	> 3000	120	111	87	87			
		standweiden		74	-	52	40	42	32	32

				2020		2021 t/m 2023	
		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	35 (2e snede)	35	35 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		15	0	25	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		15	0	25	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	15	20 (3ex maaien)	25	20
		normaal maaien	> 2500	15	25 (3ex maaien)	25	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		0	0	0	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		0	0	0	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	30	40 (3ex maaien)	40	50
		normaal maaien	> 2500	70	60 (3ex maaien)	80	80

		2020	2021	2022	2023
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	120	120	120	120

			2020		2021 t/m 2023	
	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)		50	50 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)		30	30 (eenmalig)	30	30 (eenmalig)

		2020	2021	2022	2023
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	365	-	-	-
		Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 120			

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	0
	Calcium (CaO)	eenmalig	300
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
De P-buffering is 20 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 39

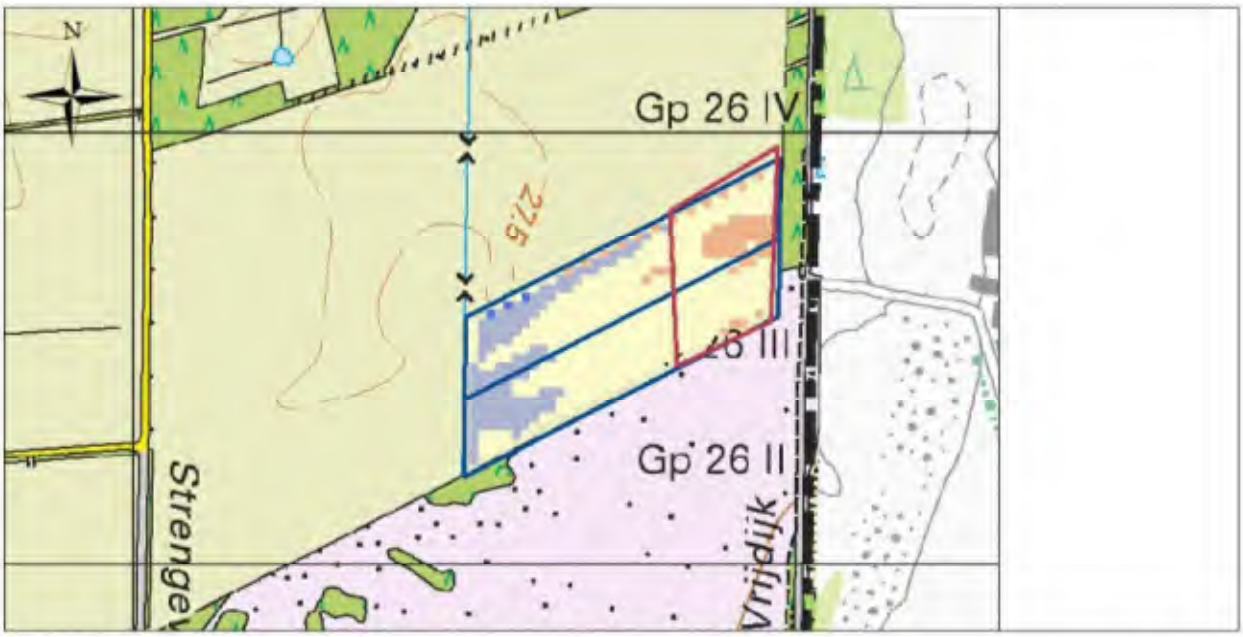
Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

171 4 achter

Bontheid



Legenda

Schaal: 1:5,000

Bodemscout

Gewasproductie

- Boven gemiddeld
- Gemiddeld
- Onder gemiddeld

Percelen

- Bemonsterd perceel
- Gewasperceel
- Perceelsvlak
- Bodemscoutvlak

Datum: 02-07-2020 Tijd: 06:25:21

BodemScout toont - gebaseerd op 9 jaar satellietbeelden - de structurele verschillen binnen een gewasperceel; waar deed het gewas het gemiddeld beter en waar slechter? Geeft de BodemScout aan dat uw perceel heel heterogeen is, dan kunt u eerst onderzoeken waardoor de verschillen veroorzaakt worden (zoals structuur, vochtbinding, (schadelijk) bodemleven, tekort aan nutriënten, pH-toestand) en vervolgens uw management aanpassen aan deze informatie.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Organische stof

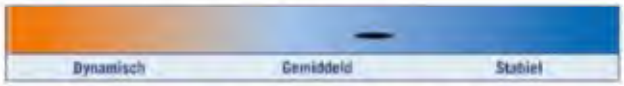
Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 2,6

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Netto toename van effectieve organische stof.

Gewas(rest)	Aanvoer effectieve organische stof
Grasland 2e jaar na scheuren	1510
Grasland 3e jaar	2335
Grasland 4e jaar	2335
Grasland 5e jaar	2335
Gemiddelde aanvoer/jaar	2335

Figuur: Kwaliteit van de organische stof

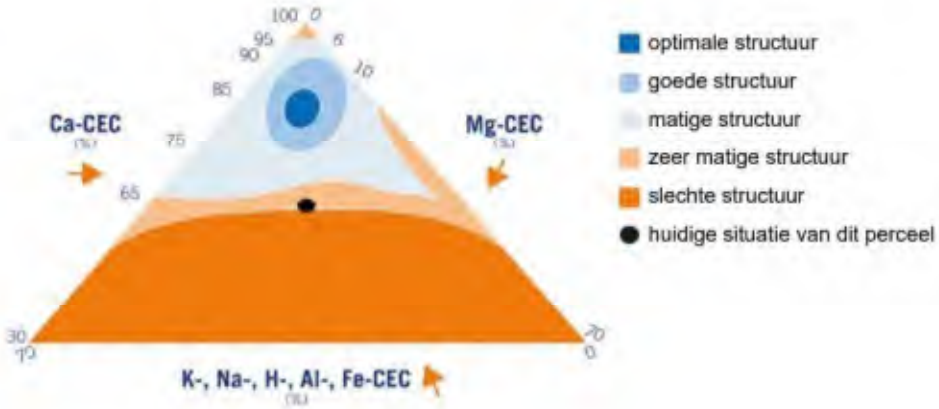


Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek



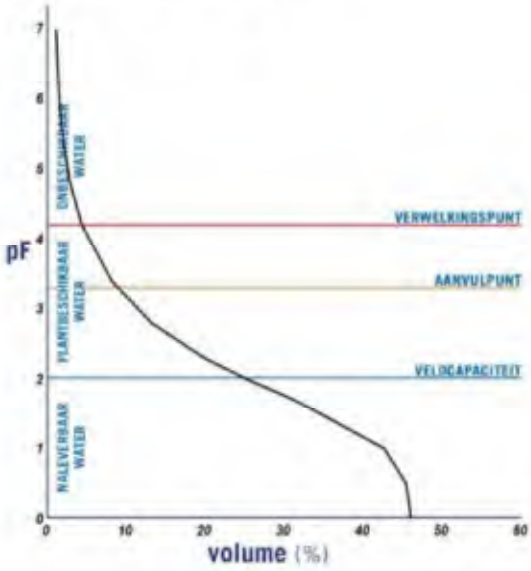
171 4 achter

Fysisch **Figuur: Textuurdriehoek**

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 21 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 9,0 % vocht zit en geef dan 16 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, 5.1.2e
Contactpersoon monstername:	5.1.2e 5.1.2e
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Groot perceel, 3-5 ha

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Methode		Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse resultaten	N-totale bodemvoorraad	1960	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	S-plantbeschikbaar	5,5	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
	S-totale bodemvoorraad	315	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	P-plantbeschikbaar	2,6	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	P-bodemvoorraad	53	mg P_2O_5/100 g	Em: NIRS (TSC®)	
	K-plantbeschikbaar	152	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	K-bodemvoorraad	2,1	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-plantbeschikbaar	0,1	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-bodemvoorraad	27	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Mg-plantbeschikbaar	169	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Mg-bodemvoorraad	8,5	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Na-plantbeschikbaar	11	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Na-bodemvoorraad	0,5	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Zuurgraad (pH)	5,1		Em: NIRS (TSC®)	
	C-organisch	2,8	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	Organische stof	5,1	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	C-anorganisch	0,05	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Koolzure kalk	< 0,2	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei (<2 µm)	1	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Silt (2-50 µm)	9	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Zand (>50 µm)	85	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei-humus (CEC)	42	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële biomassa	409	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële activiteit	62	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Schimmel biomassa	37	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Bacteriële biomassa	120	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 01-07-2020

ONDERZOEKCENTRUM

staatsbosbeheer

BODEMCHEMISCHE QUICKSCAN NATUURPOTENTIES KOUDHOORN

- Notitie -

Opdrachtgever: Staatsbosbeheer • Auteurs: 5.1.2e & 5.1.2e •
Projectnummer: PR-23.062 • Rapportnummer: RP-23.062.23.71 • Datum: 06-09-2023

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

BODEMCHEMISCHE QUICKSCAN NATUURPOTENTIES KOUDHOORN

Notitie

5.1.2e

5.1.2e

ONDERZOEKCENTRUM B ware

Titel rapport:
Bodemchemische quickscan natuurpotenties Koudhoorn, notitie

Auteurs:
5.1.2e & 5.1.2e

Rapportnummer: RP-23.062.23.71

Opdrachtgever:
Staatsbosbeheer

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:
5.1.2e
Tel: 5.1.2e
5.1.2e@b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2023

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding 7

1.1 Aanleiding 7

1.2 Leeswijzer 7

2. Materiaal en methoden 8

2.1 Veldwerkzaamheden bodemchemisch onderzoek 8

2.2 Chemische analyse 12

3. Resultaten bodemchemische quickscan 14

3.1 Bodemtype 14

3.2 Kansen voor natuurontwikkeling per locatie 14

4. Bijlagen 16

4.1 - Bosontwikkeling op landbouwgrond 16

4.2 - Ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland 20

4.3 - Ontwikkeling van kruiden- en faunarijke akker 22

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

Onderzoekcentrum B-WARE is door Staatsbosbeheer gevraagd om een bodemchemische quickscan uit te voeren om natuurpotenties en geschikte inrichtingsmaatregelen in kaart te brengen van enkele voormalige landbouwgronden rondom Koudhoorn (Figuur 1). Staatsbosbeheer wil graag op een gedeelte van de percelen heide (N07.01), bos (N15.02) en kruiden - en faunarijke akker (12.05) ontwikkelen.

Een bodemonderzoek is nodig om de potenties vast te stellen. De resultaten worden beknopt toegelicht in deze notitie. Met behulp van de analyseresultaten van dit onderzoek kan de opdrachtgever gerichter keuzes maken bij de gebiedsontwikkeling. Het betreft (slechts) een bodemchemische quickscan die meer inzicht biedt in de globale potenties.

Figuur 1. Overzicht van de globale ligging van het onderzoeksgebied.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de toegepaste onderzoeksmethoden beschreven. De resultaten van de bodemchemische quickscan worden beknopt in hoofdstuk 3 beschreven. Hoofdstuk 4 bevat bijlagen met algemene informatie over bosontwikkeling, bosherstel en de ontwikkeling van kruidenrijk grasland en kruidenrijke akkers.

2. MATERIAAL EN METHODEN

2.1 Veldwerkzaamheden bodemchemisch onderzoek

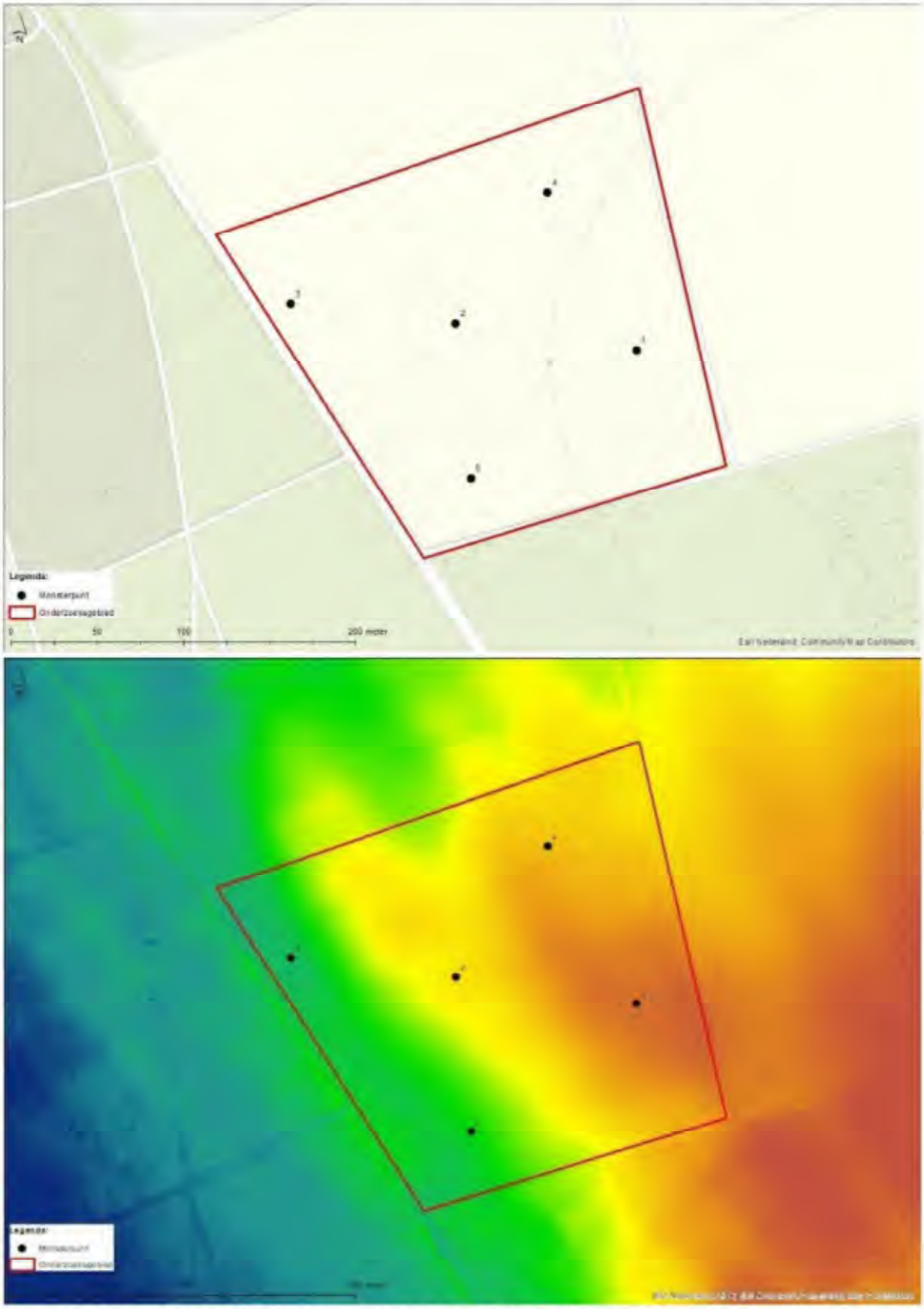
Op 12 mei 2023 werden door Staatsbosbeheer op 13 locaties bodemmonsters verzameld (Figuur 2-4). De locaties werden in overleg met B-WARE vastgesteld. De boringen werden verricht met een Edelmanboor.

Op de monsterlocaties werden op verschillende dieptes bodemmonsters verzameld. De globale bemonsteringsstrategie voor monsterlocatie 1 t/m 3 was:

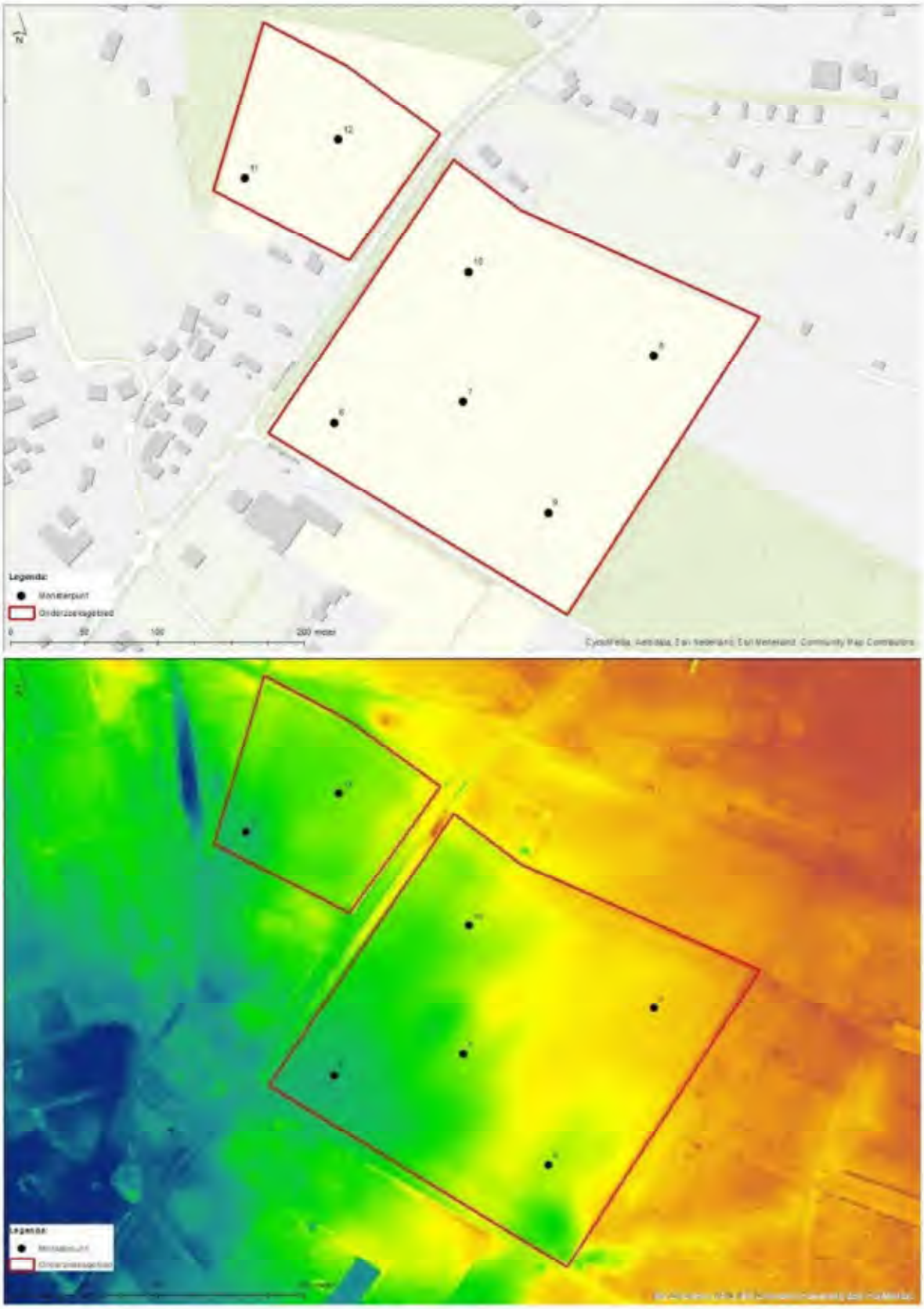
- 0-20 cm bouwvoor;
- restant bouwvoor;
- 0-10 cm onder de bouwvoor;
- 10-20 cm onder de bouwvoor.

Voor monsterlocatie 4 t/m 13 werden mengmonster genomen van de toplaag (0-20 mv). Aanvullend werden voor monsterlocatie 8, 9 en 10 ook een mengmonster genomen voor het restant van de bouwvoor (0-20 bv).

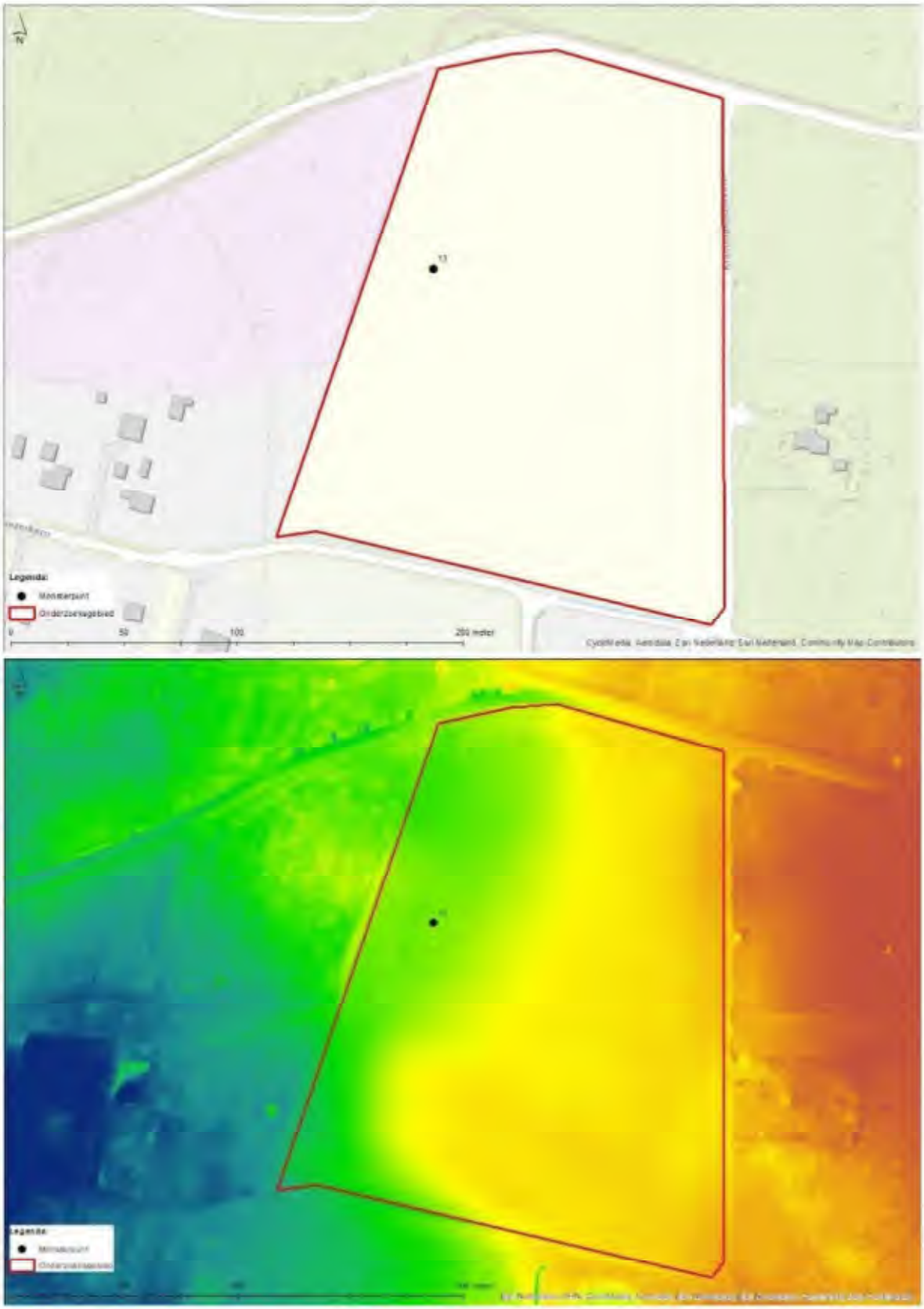
De bodemmonsters werden afgeleverd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. Voor het in kaart brengen van de natuurpotenties werden bodemanalyses uitgevoerd (Olsen-extractie, destructie en zoutextractie).



Figuur 2. Overzicht van de ligging van de bodemmonsterlocaties in het zuidelijke perceel van het onderzoeksgebied op een topografische en hoogtekaart.



Figuur 3. Overzicht van de ligging van de bodemmonsterlocaties in het centrale perceel in het onderzoeksgebied op een topografische en hoogtekaart.



Figuur 4. Overzicht van de ligging van de bodemmonsterlocaties in het westelijke perceel van het onderzoeksgebied op een topografische en hoogtekaart.

2.2 Chemische analyse

Bodemmonsters

Voor de bodemmonsters zijn de volgende variabelen bepaald:

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid (massavolume);
- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);
- pH-zout en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. ammonium, nitraat en calcium;

Drooggewicht en organisch stofgehalte
Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo af te wegen in aluminiumbakjes. De bakjes werden precies tot aan de rand afgevuld (volume = 40,5 ml), zodat de soortelijke massa van de bodem kan worden bepaald. De bodems werden gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal opnieuw gewogen en werd het vochtverlies berekend. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door via het gloeiverlies bepaald. Hiertoe werd gedroogd bodemmateriaal gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Destructie
Door de bodem en plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega of Ethos Easy) werden geplaatst. De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. Het destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Olsenextractie
Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plantbeschikbaar fosfaat worden bepaald. Hiertoe werd aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Zoutextractie
Met een zoutextractie kunnen de vrij in de bodem zoutuitwisselbare ionen bepaald worden. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2 mol l^{-1} NaCl) gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

Chemische analyses

Elementenanalyse (ICP en auto-analysers)
De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ARCOS MV of GREEN DUO, Spectro, Kleve, Duitsland). De concentraties nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl^-) werd colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

3. RESULTATEN BODEMCHEMISCHE QUICKSCAN

3.1 Bodemtype

Zie Figuur 5 voor een impressie van de boorprofielen en locaties.

Figuur 5. Foto's van de boorprofielen en impressie van de locaties het onderzoeksgebied. Linksboven: locatie 13. Linksmidden: locatie 9. Linksonder: locatie 1. Rechtsboven: perceel met locatie 11-13. Rechtsmidden: perceel met locatie 8-10. Rechtsonder: perceel met locatie 1-3. Foto's: 5.1.2e, Staatsbosbeheer.

3.2 Kansen voor natuurontwikkeling per locatie

Doel van het huidige onderzoek is om de kansen voor de ontwikkeling van heide, bos en kruiden- en faunarijk akker op een aantal (voormalige) agrarische percelen te bepalen. De kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de Olsen-P en totaal-P concentraties in de bodem. In deze paragraaf worden per locatie de belangrijkste bodemchemische variabelen, potenties en geschikte maatregelen kort toegelicht.

De toplaag op alle percelen is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P circa 2500-6300 µmol/l en totaal-P circa 18,6-41,0 mmol/l) De labiele P-concentratie (P-z) varieert van 18-192 µmol/l in het onderzoeksgebied. Zie Tabel 1 voor het overzicht van de bodemchemie.

Tabel 1. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in het onderzoeksgebied. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem, P-O = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l). M5/M8 = berekende verschralingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 300 µmol Olsen-P/l bodem (vooral relevant voor heideontwikkeling; totaal-P > 3,0 mmol/l) bij een P-afvoer van 10 kg P/ha/jr. De kleuren zijn indicatief voor de hoogte van de metingen.

Nr	Diepte	OS	V	MV	P-O	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3
1	0-20	2	10	1,2	4232	39,8	228	37	84	12	18	3	8	8956	1720	919	5,9	99	174	[illegible]	[illegible]	230
	20-35	2	8	1,2	4948	41,0	254	32	89	12	19	3	8	8375	1553	602	5,7	99	173	297	[illegible]	[illegible]
	35-45	1	6	1,3	3318	21,6	339	18	77	13	25	0	7	6193	1371	510	6,0	99	135	95	[illegible]	58
	45-55	1	6	1,3	[illegible]	9,7	258	14	63	12	23	0	7	4319	1073	427	5,9	99	28	67	[illegible]	21
2	0-20	2	9	1,3	4194	41,0	245	34	94	15	19	3	5	8722	3019	1016	6,0	97	156	929	[illegible]	238
	20-25	2	9	1,3	5375	37,0	240	27	103	14	19	2	13	6779	2740	674	5,6	99	123	283	[illegible]	53
	25-35	1	7	1,3	3898	22,7	291	22	92	12	26	1	18	4896	2649	463	5,9	99	113	124	[illegible]	67
	35-45	1	6	1,4	2284	[illegible]	284	18	105	13	32	0	12	3505	1734	422	5,8	98	82	67	[illegible]	38
3	0-20	2	9	1,3	2497	37,4	207	29	88	12	17	3	15	6512	2521	491	5,5	98	149	[illegible]	[illegible]	205
	20-30	2	8	1,3	4711	35,5	229	23	82	12	18	2	42	6178	1932	310	4,9	94	132	338	[illegible]	[illegible]
	30-40	1	6	1,3	3425	[illegible]	237	17	74	12	25	0	16	5302	1455	306	5,6	98	117	115	[illegible]	51
	40-50	1	6	1,4	2844	14,4	269	15	87	14	30	0	6	4901	1324	407	5,5	98	112	70	[illegible]	36
4	0-20-mv	3	11	1,3	5265	35,8	207	42	89	11	18	6	22	12189	2564	1426	5,5	99	192	3045	[illegible]	205
5	0-20-bv	4	13	1,2	5535	28,9	181	25	84	10	14	5	17	10417	1923	1375	5,3	99	75	1924	96	[illegible]
6	0-20-bv	4	12	1,2	5921	35,1	182	28	93	10	12	5	21	9837	3349	1110	5,4	99	97	2120	53	201
7	0-20-bv	4	11	1,2	5417	34,2	199	43	70	11	15	5	16	11884	3452	1401	5,3	99	129	2393	[illegible]	[illegible]
8	0-20-mv	3	11	1,3	3672	27,8	299	29	100	12	26	4	18	9099	2557	1192	5,4	99	69	2783	[illegible]	[illegible]
	0-20-bv	1	8	1,2	1037	9,5	290	16	100	9	29	1	15	4480	1221	634	5,4	98	2	262	[illegible]	41
9	0-20-mv	3	12	1,3	3821	28,7	239	37	94	13	18	5	6	11905	3896	1356	5,5	99	66	1072	54	[illegible]
	0-20-bv	2	8	1,3	2187	[illegible]	292	23	118	12	21	2	15	7462	2363	1009	5,7	99	26	380	[illegible]	[illegible]
10	0-20-mv	3	11	1,2	4302	31,6	256	41	109	11	24	5	9	10479	1649	1097	5,4	99	[illegible]	824	[illegible]	[illegible]
	0-20-bv	2	8	1,4	1665	13,1	296	23	94	10	23	2	19	8667	946	1019	5,6	99	8	154	[illegible]	32
11	0-20	6	18	1,1	5464	28,7	170	30	70	10	22	8	34	10486	1881	4634	5,4	99	27	1286	141	[illegible]
12	0-20	6	16	1,1	6322	20,7	109	18	61	8	10	7	75	8080	862	2678	4,5	95	[illegible]	[illegible]	138	[illegible]
13	0-20	5	13	1,1	5057	[illegible]	138	17	67	8	12	4	164	6529	487	1563	4,6	92	18	199	[illegible]	[illegible]

Locatie 1-5 (doelstelling: heide)

De bouwvoor (0-35cm-mv) is matig calciumhoudend en matig ijzerrijk (Ca-t: 23-37 mmol/l; Fe-t: 82-103 mmol/l) en zeer rijk aan fosfaat (Olsen-P: ca. 3000-5000 µmol/l, P-t: ca. 35-41mmol/l). Er is sprake van P-uitspoeling: onder de bouwvoor is de bodem ook sterk verrijkt met fosfaat tot minimaal 45/55 cm-mv. Er worden geen concentraties gemeten die passen bij de ontwikkeling van heide of droog schraalland (Olsen-P 100-400 µmol/l). Om deze reden raden wij aan om de doelstelling (heideontwikkeling) bij te stellen en in te zetten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag. De snel beschikbare nutriënten (P-z en nitraatconcentraties) zijn echter wel hoog. Daarom zou nog enkele jaren gemaaid en afgevoerd (circa 3 jaar) moeten worden om deze nutriëntenconcentraties te verlagen (nitraat <50-100 µmol/l) waarna kan worden gechopperd en een kruidenrijkgrasland-mengsel kan worden ingezaaid. Een andere optie voor het verschalen van de bodem is om tijdelijk te akkeren zonder bemesting. Wanneer de gewassen gebreken beginnen te tonen, kan een kruidenrijkgrasland mengsel worden ingezaaid. Onder droge condities kan ook een kruidenrijk grasland worden ontwikkeld op een P-rijkere bodem wanneer sprake is van N-limitatie en/of droogtestress. Zie bijlage 4.2 voor meer informatie.

Advies: ambitie aanpassen en inzetten op de ontwikkeling van een droog kruiden-en faunarijk grasland. Aanvullend verschralen (circa 3 jaar) of akkeren tot gewassen gebreken laten zien. Vervolgens kruidenrijkgrasland mengsel (Biodivers) inzaaien. Zie ook bijlage 4.2.

Locatie 6-10 (doelstelling: bosontwikkeling)

De toplaag (0-20 cm-mv) is matig calciumhoudend en matig ijzerrijk (Ca-t: gemiddeld 36 mmol/l; Fe-t: gemiddeld 93 mmol/l). Daarnaast is deze sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P gemiddeld circa 4500 µmol/l, P-t gemiddeld ca 31 mmol/l). Onder de bouwvoor (dikte niet bekend) is de bodem matig verrijkt met fosfaat (Olsen-P gemiddeld circa 1600 µmol/l, P-t gemiddeld ca 13 mmol/l) en minder calciumhoudend (Ca-t gemiddeld 21 mmol/l). De basenverzadiging (99%) en pH-z (5,4-5,6) zijn vergelijkbaar. De toplaag van locaties 6-10 is geschikt voor een eiken-/berkenbos met voedselrijke ondergroei. Eventueel kan er voor een voorafgaande akkerfase van enkele jaren worden gekozen (zonder bemesting) waarbij extra kalk door de bodem wordt gewerkt, wat toekomstige verzuring voorkomt en extra fosfaat kan binden. Wanneer de bouwvoor wordt afgegraven nemen de Olsen-P- en totaal-P concentraties af (zie hierboven), al is er wel sprake van P-uitspoeling onder de bouwvoor. Ook de P-z (gemiddeld 82 naar 12 µmol/l) en nitraatconcentraties (gemiddeld 1840 naar 265 µmol/l) zijn fors lager. Het percentage organische stof neemt af van 3,3 naar 1,8% na het afgraven van de bouwvoor. Bij de aanleg van bos zou ook gevarieerd kunnen worden in de dikte van de bouwvoor. Bij het ontbreken van bouwvoor komt bosontwikkeling langzaam op gang via pioniers (eerst bosbodem ontwikkelen via deze pioniers en daarna eiken/berken aanplanten). Zie bijlage 4.1 voor meer informatie.

Advies: aanplanten eiken-/berkenbos met voedselrijke ondergroei. Eventueel voorafgaand akkerfase zonder bemesting en daarnaast eventueel extra bekalken. Zie ook bijlage 4.1.

Locatie 11-13 (doelstelling kruiden- en faunarijk akker of kruidenrijk grasland)

Akkerontwikkeling is ook mogelijk op P-rijkere bodems. De toplaag (0-20 cm-mv) is zwak tot matig calciumhoudend en zwak tot matig ijzerrijk (Ca-t: 17-30 mmol/l; Fe-t: 61-70 mmol/l) en sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 5057-6322 µmol/l, P-t: 18,6-28,7 mmol/l). De snel beschikbare nutriënten zijn wel relatief hoog (18-49 µmol/l P-z en en 199-1286 µmol/l nitraatconcentratie). Geadviseerd wordt enkele jaren dichte gewassen te akkeren zonder bemesting om de concentraties snel beschikbare nutriënten te verlagen. Denk hierbij aan mais, graan of aardappelen. Dit zou circa 2-3 jaar toegepast moeten worden totdat de gewassen gebreken laten zien. Hierna kan worden ingezet op de ontwikkeling van de associatie van ruige klaproos en eventueel de korensla-associatie. De ontwikkeling en het beheren van een soortenrijke akker is maatwerk. Zie bijlage 4.3 voor meer informatie. De ontwikkeling van een kruidenrijk grasland is eveneens een optie op de voedselrijke bouwvoor. Onder droge condities kan ook een kruidenrijk grasland worden ontwikkeld op een P-rijkere bodem wanneer sprake is van N-limitatie (aanvullend verschralen) en/of droogtestress. Zie locatie 1-5 en paragraaf 4.2 voor meer informatie over de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland.

Advies: akkeren met een dicht gewas tot deze gebreken laat zien (circa 2-3 jaar). Daarna inzetten op associatie van ruige klaproos of korensla-associatie. Zie ook bijlage 4.3. Eventueel zou er voor gekozen worden om een kruidenrijk grasland te ontwikkelen op voedselrijke bouwvoor. Zie ook locatie 6-10 en bijlage 4.1.

4. BIJLAGEN

4.1 - Bosontwikkeling op landbouwgrond

Ofschoon er al langere tijd bomen worden geplant op voormalige landbouwgronden, is de interesse voor de ontwikkeling van een volledig bos-ecosysteem op deze gronden pas vrij recent gegroeid. In deze bijlage volgt puntsgewijs een voorlopig overzicht van de kennis die is vergaard over de mogelijkheden voor bosontwikkeling op voormalige landbouwgronden

Natuurontwikkeling & de nutriënten-erfenis vanuit het landbouwverleden

Opgehoopte meststoffen in de bouwvoor vormen een groot obstakel bij het omvormen van landbouwpercelen naar natuur. Hierbij is vooral fosfaat van belang, omdat dit zich in tegenstelling tot stikstof in grote hoeveelheden ophoopt in de bovenste decimeters van de bodem. Voor ontwikkeling van met name heide en schrale graslanden is verwijderen van de bouwvoor vaak de enige oplossing. Wat voedselrijkere graslandtypen en vooral kruidenrijke akkers kunnen vaak met een aangepast beheer ook op de bouwvoor worden ontwikkeld. Maar hoe zit dat met de ontwikkeling van bos? De kennis hierover is nog vrij beperkt, in het hierna volgende een kort overzicht.

Beschikbaarheid van voedingsstoffen in verschillende ecosystemen

Voor een goede inschatting van de impact van het fosfaatoverschot in voormalige landbouwgrond moet eerst gekeken worden naar de beschikbaarheid van voedingsstoffen in verschillende systemen. Voor fosfaat moet hier onderscheid worden gemaakt in drie fracties.

1. De eerste is de totale voorraad fosfor. Deze kan op allerlei manieren aanwezig zijn: ingebouwd in kleimineralen of organisch materiaal, neergeslagen met ijzer- of calciumverbindingen, losjes gebonden als anion aan positief geladen bodemdeeltjes, of in opgeloste vorm. Een groot deel van deze voorraad is voor de plantengroei vaak onbereikbaar.
2. Daarnaast zijn er allerlei extractiemethoden ontwikkeld die zo goed mogelijk nabootsen welke fractie een plant uit deze voorraad kan losweken: plant beschikbaar fosfaat. Daarvoor moeten planten aanpassingen hebben, of samenwerken met het bodemleven. Omdat dit voor elke plantensoort verschilt, is ook de plant beschikbare fractie voor elke soort anders.
3. Tenslotte is er het opgeloste fosfaat. Dit is voor elke plant beschikbaar, maar is slechts een zeer kleine fractie van de hele fosforvoorraad

In graslanden is de soortenrijkdom laag zo lang er enig opgelost fosfaat aanwezig is (> +/- 2 micromol/liter). In een bouwvoor is vaak 10-100 micromol/liter aanwezig. Snel groeiende planten met weinig aanpassingen om extra fosfaat te bemachtigen overheersen dan. Vrijwel alle graslandplanten beschikken echter over vrij veel aanpassingen om fosfaat uit andere fracties los te weken. We zien dan ook dat plant-beschikbaar fosfaat hier een goede maat is voor de voedselrijkdom en soortenrijkdom. In een bouwvoor is deze vrijwel altijd hoog (>1500 micromol/liter), de consequentie is dat soortenrijk grasland heel moeilijk te ontwikkelen is zonder verwijderen van de zeer fosfaatrijke bouwvoor.

In bossen is er sprake van een constante fosfaataanvoer uit afbrekend strooisel. Het lijkt er op dat bosplanten daarom minder aanpassingen (nodig) hebben om fosfaat uit andere bronnen los te weken. In ieder geval is de hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat hier wat minder bepalend voor de vegetatie-ontwikkeling. Wel zien we ook hier dat snel verruiging optreedt als zowel stikstof (nitraat) als fosfaat voldoende in opgeloste vorm beschikbaar zijn. Voor bosontwikkeling op landbouwgrond geldt dus dat de grote totale fosforvoorraad op korte termijn geen probleem is, dat de zeer hoge concentratie plant-beschikbaar fosfaat in iets mindere mate een probleem is, maar dat wel de opgeloste fractie laag moet blijven. Dit betekent dat op locaties waar opgelost fosfaat wordt vastgelegd, ook op een (gedeeltelijk) nog aanwezige bouwvoor zich in enige mate een kenmerkende bosondergroei kan ontwikkelen. Dit is met name het geval op bodems die veel calcium en/of ijzer bevatten (leem, klei), of op plekken waar calcium en/of ijzer via grondwater wordt aangevoerd.

Beschikbaarheid van voedingsstoffen in verschillende bostypen

In bossen op droge, kalkarme zandgronden is er nauwelijks calcium of ijzer aanwezig om fosfaat te binden. Bij sterke verzuring wordt op termijn wel veel fosfaat gebonden aan aluminium. De fosfaatbeschikbaarheid is hier vooral laag doordat de totale voorraad fosfor klein is, en daarmee ook de hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat. Er is wel opgelost fosfaat aanwezig.

Naarmate de leemfactie toeneemt, neemt de totale voorraad fosfor toe, maar ook de hoeveelheid calcium en ijzer. De hoeveelheid plant-beschikbaar fosfaat neemt dan ook niet toe, en opgelost fosfaat is zelfs nauwelijks aanwezig.

In natte bossen wordt het vooral belangrijk hoe veel vrij ijzer er aanwezig, dat nog fosfaat kan binden. Dit ijzer is aanwezig in de leemfractie en wordt aangevoerd met grondwater. Aan de andere kant kan een groot deel van dit ijzer bezet worden met zwavel (door sulfaatvervuiling) en zodoende geen ijzer meer binden.

Omgaan met de bouwvoor in de ontwikkeling van verschillende bostypen

Omdat de natuurwaarde van bos voor een belangrijk deel door de kroonlaag wordt bepaald, kan er ook bos met een vrij hoge natuurwaarde ontwikkeld worden in een voedselrijke situatie met een bouwvoor. De meeste boomsoorten groeien goed op een bouwvoor, dus een bos met variatie in boomsoorten, leeftijden, licht, microklimaat, houtstructuur e.d. kan zich vrij eenvoudig ontwikkelen. De ondergroei is echter ruig (bij veel licht) of ontbrekend (bij weinig licht). Wellicht is het mogelijk een vrij eutrafente voorjaarsflora te ontwikkelen. Bodem bewonende mossen zijn nauwelijks aanwezig en de mycoflora is slecht ontwikkeld.

Op kleibodems is nog weinig ervaring. De combinatie van een van nature al hoge fosforvoorraad in de klei en aan de andere kant hoge ijzer- en calciumgehalten die opgelost fosfaat binden, doet vermoeden dat ook op een bouwvoor op klei zich een ondergroei van kleibossen kan ontwikkelen. Wel moeten er dan geen populieren of wilgen worden aangeplant; het zeer snel verterende strooisel van deze soorten lijkt te leiden tot het vrijkomen van opgelost fosfaat en langdurige verruiging.

Op leembodems is al gebleken dat ook op in een bosaanplant op bouwvoor kenmerkende bosplanten zich kunnen vestigen. Dit geldt vooral voor voorjaarssoorten, die ook profiteren van het juiste lichtklimaat. Ook hier wordt opgelost fosfaat laag gehouden door calcium en ijzer uit de leem, of door hoge grondwaterstanden in de winter. Maar de hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat bevindt zich wel ruim boven de range die gevonden wordt in soortenrijke leembossen. Zeer waarschijnlijk ontwikkelt bos op leembodem zich uiteindelijk beter als (een groot deel) van de bouwvoor voorafgaand wordt verwijderd.

Op kalkarme zandgronden zijn vrijwel geen voorbeelden bekend van een ontwikkeling van een kenmerkende bosondergroei in aanplanten op bouwvoor. Fosfaat wordt hier nauwelijks gebonden, en vaak vindt ook verzuring plaats waardoor fosfaat nog meer vrij komt. De van nature kleine fosforvoorraad wordt met het achterblijven van een bouwvoor vele malen groter. Het lijkt er op dat soortenrijk bos zich hier alleen kan ontwikkelen na verwijdering van de bouwvoor).

Ontwikkeling van broekbos op een bouwvoor vereist als eerste een sterke vernatting. Dit leidt vrijwel altijd tot een sterke mobilisatie van fosfaat, wat in lage vegetaties doorgaans tot pitrusontwikkeling leidt. In zulk broekbos is te verwachten dat pitrus, liesgras en kroos dominant zullen worden. Ook in broekbossen lijkt verwijdering van de bouwvoor dus de enige oplossing. Uitzonderingen zijn wellicht locaties met een sterke kwel van ijzerhoudend grondwater, waardoor fosfaat niet vrij kan komen.

Voor alle bosaanplanten op een bouwvoor geldt dat verzuring van de toplaag moet worden voorkomen. De grote hoeveelheden fosfaat die aan ijzer en vooral calcium gebonden zijn, komen dan vrij wat snel tot verruiging leidt.

Tips voor inrichting

- Vanuit graslanden weten we dat soortenrijke graslanden zich beter ontwikkelen vanuit een landbouwsituatie. Het mechanisme hierachter is waarschijnlijk dat de voorraad stikstofrijk organisch materiaal door de bodembewerking wordt verbrand. Ook kan tijdens een voorafgaande akkerfase extra kalk door de bodem worden gewerkt, wat toekomstige verzuring voorkomt en extra fosfaat kan binden. Een voorafgaande akkerfase van enkele jaren wordt dus sterk aanbevolen.
- Een andere vorm van "voorbewerking" kan zijn om eerst voor houtteelt te gaan. Na een cyclus van houtteelt is het wellicht verstandig om een akkerfase vooraf te laten gaan aan bosontwikkeling.
- Een tot dusver nauwelijks benutte kans is het ontwikkelen van bos na (gedeeltelijk) verwijderen van de bouwvoor. Onder onze landbouwgronden ligt een niet verzuurde, voedselarme bodem, een zeldzame combinatie. De bestaande bossen zijn ofwel voedselrijk (laag Nederland), ofwel sterk verzuurd (hoog Nederland). Het is vrijwel zeker dat aanplant van bos op de voedselarme, niet verzuurde grond onder de bouwvoor tot een explosie van biodiversiteit zal leiden; allereerst de paddenstoelen, varens en mossen, gevolgd door de hogere planten. Wel is de ervaring dat op dergelijke bodems alleen pionierbomen zich goed kunnen vestigen, zoals wilgen en berken. Pas als er zich een bosbodem begint te vormen, is de tijd rijp voor soorten als linde, iep, es en eik.
- Bij de aanleg van bos zou ook gevarieerd kunnen worden in de dikte van de bouwvoor. Bij het ontbreken van bouwvoor komt bosontwikkeling langzaam op gang via pioniers. Op een dunne rest bouwvoor (bijv. 10 cm) kan zich wellicht vrij snel een soortenrijk bos ontwikkelen. En op de dikke, of eventueel nog opgehoogde bouwvoor, ontwikkelt zich dan een voedselrijk bostype.
- De grondverplaatsing moet eigenlijk nog een stap verder gaan. Bijna alle landbouwgronden zijn geëgaliseerd. Op zo'n vlakke bodem ontwikkelt zich een veel minder divers bos. Ontwikkelingen in verlate zandgroeven e.d. laten ook zien dat veel van de biodiversiteit zich ontwikkelt op verlaten zandhopen e.d. Met name de variatie in strooiseldikte als gevolg van micro reliëf is een belangrijke motor van biodiversiteit in een toekomstig bos.
- Onze nieuwe bossen op landbouwgronden kennen een ondergroei die voornamelijk bestaat uit zeer algemene soorten, soorten met zaadpluis en soorten met bessen, sporen (varens) of zeer lichte zaden (wespenorchis). Dit duidt er op dat bossoorten grote moeite hebben om deze nieuwe bossen te bereiken. Het verdient dus aanbeveling om deze soorten te introduceren.
- Op voedselrijke bodem kan waarschijnlijk via lichtlimitatie wel een soortenrijke voorjaarsflora worden ontwikkeld. Een ontwikkeling die ook heeft plaatsgevonden op onze stinzen in het rivierengebied, de binnenduinrand en de zee-afzettingen in Noord-Nederland. Met name beuken lijken hiervoor geschikt.
- De aangeplante boomsoort is een belangrijke stuurknop in de lange termijn ontwikkeling van nieuwe bossen, waarbij vooral de schaduwwerking en de basenrijkdom van het strooisel van belang is. Met rijk strooisel soorten kan de goed gebufferde situatie uit het landbouwverleden in stand worden gehouden. Arm strooisel kennen dan weer meer mycorrhiza-paddenstoelen. Ook is het goed om rekening te houden met het te verwachten (zuid-Franse) klimaat op afzienbare termijn; daar horen wellicht ook andere boomsoorten bij die we nu nog als uitheems beschouwen.

Overige opmerkingen

- Ook voor bos lijkt de grote voorraad fosfaat die zich heeft opgehoopt het belangrijkste knelpunt te zijn. Er is veel stikstof aanwezig, maar dat is in een bosbodem ook al grotendeels het geval. Bij de huidige stikstofdepositie zijn onze bossen niet of nauwelijks

meer door stikstof gelimiteerd, getuige o.a. de vrijwel overal aanwezige nitraatuitspoeling uit onze bossen op drogere gronden en het systematisch verdwijnen van stikstof gevoelige mycorrhiza paddenstoelen uit de bossen.

- Op droge zandgronden is een evaluatie gaande; de grote lijn is dat hier vrijwel alleen voedselrijke bostypen ontstaan. Er wordt doorgaans veel direct beschikbaar nitraat en fosfaat gemeten. Het droge zand heeft weinig capaciteit om fosfaat te binden.
- Er zijn op zandgrond wel enkele interessante uitzonderingen. In de eerste tientallen jaren is de bodem vaak nog goed gebufferd en breekt strooisel snel af. Soorten als mannetjesvaren en brede wespenorchis vestigen zich van snel, soms ook naaldvarens, bosaardbei en havikskruiden. Ook zijn soms veel mycorrhiza-paddenstoelen aanwezig. Dit zijn aanwijzingen voor stikstoflimitatie. Een bijzonder geval vormen aanplanten van fijnspar, vooral op iets lemig zand. De naalden van fijnspar zijn stikstofarm, blijven lang aan de boom hangen (5-7 jaar) en vallen daarna recht naar beneden. Dat betekent dat het lang duurt voordat de aanvoer van stikstof en fosfaat uit de kroonlaag op gang komt, vooral verder weg van de stam. In Drenthe zijn zo een aantal fijnsparbosjes ontstaan met vele tientallen bedreigde paddenstoelsoorten, en zelfs soorten die al uitgestorven waren in Nederland. Deze fijnsparbosjes zijn ontwikkeld vanuit aardappelakkers (de akkeronkruiden staan nog tussen de extreem zeldzame paddenstoelen).
- De beste indicatoren voor spontane ontwikkelingen in aanplanten op landbouwgrond zijn de sporenplanten (varens, mossen) en paddenstoelen. Deze soorten hebben niet te maken met de grote verspreidingsbarrière. Voor paddenstoelen zijn er bovendien twee interessante groepen. De ecto-mycorrhiza paddenstoelen zijn zeer goede indicatoren voor de directe beschikbaarheid van stikstof, m.n. nitraat. En er is een groep "grasland" paddenstoelen die zeer gevoelig is voor de directe beschikbaarheid van fosfaat: wasplaten, aardtongen, knotszwammen en satijnzwammen. Deze paddenstoelen geven dus de locaties aan die ook kansrijk zijn voor een soortenrijke ondergroei.
- Als een bos eenmaal geplant is, kan er weinig meer worden bijgestuurd. Toch zijn er wel typen bos waarbij dit wel mogelijk is. Wellicht zijn er plaatselijk mogelijkheden om bossen met strooiselroof te ontwikkelen, bijvoorbeeld wanneer dit strooisel kan worden gebruikt in een biomassa-centrale of als compost op een akker. In dergelijke bossen ontstaat een zeer mosrijke ondergroei (omdat mossen niet door blad worden bedolven), maar ook een stikstof- en fosfaatarme situatie met in potentie zeer veel paddenstoelen. Er bestaan al goede voorbeelden van dergelijke bossen, dat zijn voornamelijk oude begraafplaatsen.
- Een belangrijke eigenschap van bos is het gematigde, vochtige microklimaat. Dit wordt alleen bereikt in grotere boscomplexen. Een tweede voordeel van grotere complexen is dat het randeffect van stisktof (bosranden vangen veel stikstof in) veel kleiner is. Bij de keuze van kansrijke locaties voor ontwikkeling van soortenrijk bos zou dus ook rekening moeten worden gehouden met de hoeveelheid bos rondom deze locatie.

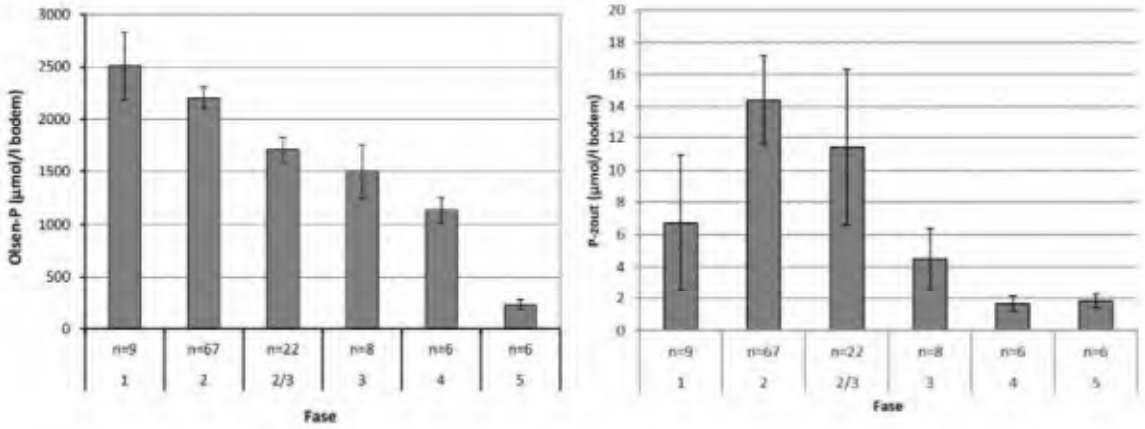
4.2 - Ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland

Uit onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (<900-1200 µmol/l). Dit is slechts een indicatieve streefwaarde: 'kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Op bijvoorbeeld droge, voedselrijkere zandgronden (zoals ook op de hoge, droge kop) kunnen ook kruidenrijkere graslanden tot ontwikkeling komen als gevolg van droogtestress en/of lage concentraties organische stof (eventueel in combinatie met tijdelijk akkerbeheer) (Dorland e.a., 2020; Eichhorn e.a., 2020).

Figuur 6. Foto's van een goed ontwikkeld droog (links; Winterswijk) en vochtig (rechts; Doetinchem) kruiden- en faunarijk grasland. Foto's: 5.1.2e

Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. Met name onder droge en ijzer- en calciumrijke condities lijkt de ontwikkeling van een (wat) kruidenrijker grasland kansrijk. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de meest labiele P-fractie voldoende laag is (P-z < 1-2 µmol/l) en/of de nitraatconcentratie laag is (<100-200 µmol/l). Dit biedt perspectief bij hogere Olsen-P concentraties. Wanneer de nitraatconcentraties (nog) te hoog zijn, zullen deze afnemen door te stoppen met bemesting en een beheer van maaien en afvoeren. Hoe snel dit gaat is lastig te kwantificeren.

Om op voedselrijkere gronden de dominantie van witbol te doorbreken, wordt geadviseerd witbol vroeg af te maaien (bijvoorbeeld in mei) tot de bedekking voldoende laag is (bijvoorbeeld <25%). Deze grassen bloeien namelijk voordat de zomerkruiden gaan bloeien. Op deze manier wordt gestreepte witbol actief teruggedrongen ten gunste van later bloeiende kruidachtigen. Goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden worden vaak laat in de zomer (augustus/september) gemaaid.



Figuur 7. Olsen-P (links) en P-z (rechts) concentratie in µmol/l bodem van graslandpercelen in Overijssel ingedeeld per graslandfase naar Schippers e.a. (2012). Verklaring graslandfasen (van voedselrijk naar schraal): fase 1 = raaigraslanden, fase 2 = witbolgraslanden, fase 3 = gras-kruidenmix, fase 4 = kruidenrijk grasland en fase 5 = heischraal grasland. Bron: Scherpenisse e.a. (2017).

60263 0052

Bureau Natuurbalans (contactpersoon: 5.1.2e) heeft de laatste jaren goede resultaten ondervonden met de ontwikkeling van glanshaverhooiland en kruiden- en faunarijkgrasland door middel van chopperen en gericht inzaaien op P-rijkere gronden. Door te chopperen wordt de dichte, soortenarme graszode verwijderd en ruimte gecreëerd voor de kieming van de doelsoorten. Na het chopperen wordt gericht zaadmengsel (bestaande uit zowel inheemse grassen als kruiden van Biodivers) van glanshaverhooiland of kruiden- en faunarijkgrasland opgebracht. Deze methode bevindt zich echter nog wel in de experimentele fase, het is nog niet duidelijk of de ontwikkelde vegetaties zich op de lange termijn standhouden en waarom het op sommige gronden wel en niet werkt (mogelijk speelt stikstoflimitatie een rol). Er loopt een onderzoek (B-WARE en Natuurbalans) in de uiterwaarden bij Vianen waarbij soortenrijke graslanden worden ontwikkeld op voormalige maisakkers.

Voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijke graslanden onder droge condities zijn er dan ook verschillende mogelijkheden. Aan de voorkant sturen op het bodemchemische aspect is lastig omdat meerdere factoren (droogtestress, N-limitatie, P-limitatie, beheer/ doorbreken dichte zode, bodemtype) een rol kunnen spelen in een succesvolle ontwikkeling. Een combinatie van deze opties is natuurlijk ook mogelijk waarbij monitoring van de vegetatieontwikkeling en bodemchemie sterk wordt aanbevolen:

- Stoppen met bemesting en een verschralingsbeheer van maaien en afvoeren hanteren om de nitraatconcentraties (NO_3^--z concentraties) en tevens de P-z concentraties verder te verlagen waardoor op termijn (lastig te kwantificeren) het aandeel aan kruiden kan gaan toenemen;
- Stoppen met bemesting en tijdelijk een gericht uitmijnbeheer van enkele jaren (ca. 2-4 jaar) hanteren om de nitraatconcentraties (NO_3^--z concentraties) en tevens de P-z concentraties relatief snel, fors te verlagen waardoor het aandeel aan kruiden kan gaan toenemen. Dit wordt vooral geadviseerd op percelen die nu nog vrij productief en soortenarm zijn;
- Alternatieve maatregel uitvoeren zoals tijdelijk akkeren;
- Experimentele maatregel uitvoeren zoals het chopperen van de zode in combinatie van het inzaaien van een passend gras-kruidenmengsel.

4.3 - Ontwikkeling van kruiden- en faunarijke akker

De laatste decennia is de akkeronkruidenflora enorm achteruitgegaan, ongeveer een halve eeuw geleden kwamen ongeveer 120 wilde plantensoorten zoals Handjesereprijs (*Veronica triphyllos*), Bolderik (*Agrostemma githago*) en klaprozen (*Papaver* spp.) nog tussen het graan op de akkers voor. Tegenwoordig is dat teruggelopen tot ongeveer 20 soorten en zijn 86 soorten akkerkruiden opgenomen als aandachtsoort in het beschermingsplan akkerplanten (Bakker et al., 2000).

Figuur 8. Foto's van kruidenrijke akkers met korenbloem en gele ganzenbloem (links) en grote klaproos met korenbloem en kamille (rechts). Foto's: 5.1.2e .

Die achteruitgang is vooral het gevolg van de huidige intensieve landbouw, met betere zaadschoningstechnieken, hoge dosis meststoffen, een dicht gewas en herbicidengebruik. De belangstelling voor akkerkruiden in het natuurbeheer is de laatste tien jaar toegenomen, inmiddels zijn er in Nederland vele honderden hectare bouwgrond in beheer als natuurakker (Verbeek et al, 2012). Een groot deel van deze gronden is recent uit agrarisch beheer genomen, waarvan een deel een faunadoelstelling heeft, waar nectarplanten of grootzadige kruiden zijn ingezaaid. Een ander deel van deze gronden heeft een floradoelstelling voor het behoud en ontwikkeling van akkerkruiden. De kruidenrijkdom in deze akkers is vaak laag (Verbeek et al., 2012). De samenstelling van de vegetatie op akkers is onder meer afhankelijk van het tijdstip en frequentie van bodembewerking (zomer- of winterakkers), het gebruik van herbiciden, de bodemsamenstelling en het gewas (type en dichtheid) (Verbeek et al., 2012, 2021). Het beheer van akkers is een zeer intensieve vorm van beheer, dit heeft onder andere tot gevolg dat het beheer een groot stempel drukt op de samenstelling van de akkeronkruidenflora. Akkers kunnen ook een belangrijke meerwaarde hebben voor diersoorten die de akker als deel van hun leefomgeving gebruiken, bijvoorbeeld vogels, sprinkhanen, vlinders en reptielen. De bodem is dan weer meer bepalend voor eventuele botanische doelstellingen.

De financiering van het akkerbeheer kan voor een deel plaatsvinden uit oogstopbrengsten. Echter, wanneer deze opbrengsten zeer laag zijn is het voor bijvoorbeeld biologische boeren niet meer haalbaar om akkers te beheren. Het is dus van belang een goede combinatie te vinden tussen een voldoende hoge opbrengst en een goed ontwikkelde akkerflora. Alternatief is het volledig loslaten van een productiedoelstelling, waarmee de mogelijkheden voor behoud van akkerflora toenemen, maar tevens de kosten.

Onderzoek aan reservaatakkers in Limburg, Brabant en in mindere mate Gelderland, Overijssel, Utrecht en Drenthe laat zien dat op grond van de abiotiek en akkerflora onderscheid gemaakt kan worden in grofweg 3 typen akkers op de zandgronden (Tabel 2). De meest sturende factoren in de ontwikkeling van deze akkers zijn de directe beschikbaarheid van voedingsstoffen (met name nitraat, in mindere mate fosfaat en kalium), en de zuurgraad van de bodem. De totale voorraad fosfaat kan vrij sterk variëren, meest tussen de 10 en 20 mmol/kg bodem, maar hoge gehalten zijn wel het gevolg van intensiever landbouwkundig gebruik in het verleden en waarschijnlijk ligt het optimale gehalte rond de 10 mmol/kg. De hoeveelheid direct beschikbaar fosfaat (uit een zoutextract) ligt tussen de 10 en 50 µmol/kg bodem en voor nitraat is dat 50-200 µmol/kg bodem. Wanneer de nitraatconcentraties te hoog zijn, wordt geadviseerd om eerste enkele jaren graan te verbouwen zonder bemesting. De concentraties dalen hierdoor vermoedelijk naar een niveau waarop de minder nitrofiele, bedreigde soorten het goed kunnen doen. Op de langere termijn moet in beperkte mate stikstof bijgemest (ruwe stalmest) worden om een te voedselarme situatie te voorkomen.

Tabel 2. Indeling akkertypen op basis van bodemchemie inclusief verwijzing naar de typering in het akkerboek (Verbeek e.a., 2021).

Type akker	NO_3-z (µmol/kg)	pH-z	Ca-t (mmol/kg)
Korensla-associatie (akkerboek; type 5)	50-150	4-5	10-25
Windhalm-verbond (akkerboek; type 3)	100-300	4-5,5	10-25
Associatie van Ruige Klaproos (akkerboek; type 4)	50-300	>5	>20

De bodem-pH (NaCl) is over het algemeen hoger dan 4 met een totaal-Ca concentratie van minimaal 10 mmol/kg bodem. Ook reageren akkeronkruiden verschillend op droogte, waardoor ook rekening moet worden gehouden met factoren als expositie, grondwaterstand en gehalte

60263 0052

organisch stof in de bodem (meestal tussen de 2-5%). De dikte van de bouwvoor is zowel van invloed op de vochtvoorziening als de nutriëntenvoorziening, en daarmee ook een factor van belang. Een dunne bouwvoor houdt minder vocht vast en zal eerder uitdrogen dan een dikke bouwvoor. Verder is gebleken dat de samenstelling van de zaadbank in grote mate de vegetatiesamenstelling bepaalt en sterk vertraagd reageert op wijzigingen in beheer.

In Tabel 2 is op basis van de bodemchemie een indeling gemaakt in drie akkertypen die min of meer overeenkomen met de in de vegetatiekunde onderscheiden van akkergemeenschappen op zandgrond: de Korensla-associatie (Sclerantho-Arnoseridetum), de Associatie van Ruige klaproos (Papaveretum argemone) en de minder goed ontwikkelde vegetaties met alleen soorten die in het hele Windhalm-verbond voorkomen, of in zomergraanakkers. Kenmerkend voor de Korensla-associatie zijn laagblijvende soorten als Korensla (*Arnoseris minima*), Eenjarige hardbloem (*Scleranthus annuus* subsp. *annuus*), Slofhak (*Anthoxanthum aristatum*) en een aantal soorten die ook buiten akkers voorkomen zoals Dwergviltkruid (*Filago minima*), Klein Tasjeskruid (*Teesdalia nudicaulis*) en Zilverhaver (*Aira caryophyllea*). Deze associatie komt vooral voor op zure bodem. Op minder zure zand- en leemgrond hoort de Associatie van Ruige klaproos thuis. In deze akkers kunnen soorten voorkomen als Ruw parelzaad (*Lithospermum arvense*), Handjesereprijs, Ruige klaproos (*Papaver argemone*), Bleke klaproos (*Papaver dubium*) en Zandmuur (*Arenaria serpyllifolia*). Beide associaties ontwikkelen zich het beste op nauwelijks bemeste bodems. Wanneer er licht bemest wordt ontwikkelt zich een iets dichter gewas waarin vooral onkruiden voorkomen die mee kunnen groeien met het gewas zoals Korenbloem (*Centaurea cyanus*), Grote en Bleke klaproos (*Papaver rhoeas* en *dubium*), Bolderik en Dauwnetel (*Galeopsis speciosa*). Echter bij matige tot zware bemesting wordt het gewas al snel te dicht voor een soortenrijke akkerkruidenflora. Een groot aantal akkeronkruiden kunnen in meerdere akkertypen voorkomen, zoals in Tabel 2 te zien is er ook veel overlap qua bodemchemie tussen de verschillende typen.

Het beheer druk een grote stempel op de samenstelling van de akkeronkruidenflora. Gebaseerd op het onderzoek van Udo Prins (Verbeek e.a., 2016) kan voor deze drie type akkers een licht bemestingsniveau aangehouden worden. Voor de meest voedselarme akkers met een Korensla-associatie of Associatie van Ruige klaproos kan een bemesting van 40 kg N/ha (stalmest) aangehouden worden, voor de voedselrijke Korenbloem akkers kan 60-80 kg N/ha (stalmest) aangehouden worden (Verbeek et al., 2021). Bij deze bemestingsniveaus heeft het gewas voldoende bedekking om de wortelonkruiden te onderdrukken maar laat het voldoende licht door voor akkeronkruiden. Over het algemeen worden voedselarme akkers, met een laag totaal-P gehalte in de bodem, minder snel opgevuld met wortelonkruiden zoals Kweek (*Elytrigia repens*). Wanneer men deze voedselarme percelen een beetje bemest kan dit al een soortenrijkere akker opleveren. Akkers met een grote fosforvoorraad uit een intensief landbouwkundig verleden, vragen om een veel intensievere bestrijding van wortelonkruiden. In tegenstelling tot de eenjarige akkeronkruiden, reageren overblijvende wortelonkruiden zoals kweek en akkerdistel namelijk sterk op de fosfaatvoorraad. Hoe fosfaatrijker de bodem, hoe eerder deze soorten een probleem kunnen vormen. Er zal dan ook een intensievere bodembewerking nodig zijn om deze soorten onder de duim te houden (zeker onder P-rijke condities).

In veel bestaande akkers ontbreken de kenmerkende akkeronkruiden, deze soorten zijn uit de zaadbank verdwenen. De kans dat deze soorten spontaan terugkeren is zeer klein, omdat vroegere mechanismen voor zaadtransport ook vrijwel geheel zijn verdwenen en resterende bronpopulaties schaars zijn geworden. Actief (her-)introduceren van soorten is dan de enige optie om op afzienbare termijn een herstel te krijgen. Introductie van soorten is mogelijk door weinig opgeschoond zaad van kruidenrijke akkerpercelen op kruidenarme akkerpercelen uit te zaaien. Op deze manier kunnen voornamelijk grootzadige onkruiden als Bolderik, Dreps (*Bromus secalinus*), wikkes (*Viccia* spp.) en Korenbloem verspreid worden (Verbeek et al., 2012). Als men het maaibord

bij het oogsten heel laag over de grond laat gaan kan ook veel fijner zaad meekomen. Een mogelijk nadeel van deze verspreidingsmethode is dat droog gewonnen zaad vaak mechanisch moet worden nagedroogd om broei te voorkomen, bij sommige onkruidzaden kan dit een vorm van kiemrust oproepen en waardoor deze bij het uitzaaien niet direct kiemen (Verbeek et al., 2012). Introductie van soorten is ook mogelijk door het maaisel van een kruidenrijke akker te verspreiden en onder te werken op kruidenarme akkers. Verder is het mogelijk om soorten te verspreiden door grond van een kruidenrijke akker te verplaatsen naar kruidenarme akkers, met deze methode komen alle kruiden (vroeg- en laatbloeiers en zomer- en winterannuellen) mee met de bodem (Verbeek et al., 2012). Het opbouwen van een goede zaadbank kan jaren duren, bij het introduceren van soorten is het van belang dit enkele malen te herhalen. Als voormalige akkers al lange tijd als grasland in beheer zijn is het mogelijk dat er nog een zaadbank van akkeronkruiden aanwezig is. Bij omzetting van deze graslanden naar akker kan mogelijk een soortenrijkere akker ontwikkeld worden. Geadviseerd wordt om hierover contact op te nemen met 5.1.2e van Natuurbalans of Emiel Brouwer van Onderzoekcentrum B-WARE.

Verder is het mogelijk randbeheer toe te passen voor bepaalde soorten. Een soort als Korensla profiteert van voedselarme droge plekken. Door de randen van een akker niet te bemesten worden deze wat voedselarmer, blijven meer open en drogen sneller uit waardoor Korensla kan profiteren. Ook in een nog redelijk productieve akker kan door middel van randbeheer de akkerkruidenflora profiteren door de randen niet of minder te bemesten.

Voor meer informatie over kruidenrijke akkers wordt verwezen naar de vijf artikelen over Akkerflora in het Vakblad Natuur Bos en Landschap uit 2018 en 2019 (Ketelaar et al., 2019; Eichhorn & Ketelaar, 2018a en 2018b; Verbeek et al., 2019 en Brouwer et al., 2019), en naar het akkerboek dat recent is verschenen (Verbeek e.a., 2021).

www.b-ware.eu

BemestingsWijzer
Grasland
staatsbosb. 11

Uw klantnummer: 8957924

Provincie Overijssel
Eenheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice.agro@eurofins.com
I www.eurofins-agro.com

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
	749820/005364686	07-04-2021	14-04-2021
	inkoopd.4500018209		

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	2540	1420 - 2070					
	C/N-ratio		14	13 - 17					
	N-leverend vermogen	kg N/ha	135	95 - 145					
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	5	20 - 30					
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	400	255 - 360					
	C/S-ratio		90	50 - 75					
	S-leverend vermogen	kg S/ha	9	20 - 30					
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	1,3	2,8 - 4,1					
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	65	150 - 215					
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	30	95 - 140					
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	85	75 - 120					
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	30	90 - 215					
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	270	410 - 615					
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	35	115 - 170					
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	105	35 - 135					
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	10	65 - 110					
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	15	30 - 45					
Fysisch	Zuurgraad (pH)		4,0	5,0 - 5,7					
	C-organisch	%	2,8						
	Organische stof	%	5,1						
	C/OS-ratio		0,55	0,45 - 0,55					
	Koolzure kalk	%	0,3	2,0 - 3,0					
	Klei (<2 µm)	%	1						
	Silt (2-50 µm)	%	9						
	Zand (>50 µm)	%	85						
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	30	> 60					
	CEC-bezetting	%	65	> 95					
	Ca-bezetting	%	35	75 - 85					
	Mg-bezetting	%	23	6,0 - 10					
	K-bezetting	%	5,7	2,0 - 5,0					
	Na-bezetting	%	1,7	1,0 - 1,5					
	H-bezetting	%	3,7	< 1,0					
	Al-bezetting	%	40	< 1,0					

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0				
Verslemping	rapportcijfer	8,0	6,0 - 8,0				

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

staatsbosb. 11

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
	Vochthoudend vermogen	mm	21						
Biologisch									
	Microbiële biomassa	mg C/kg	445	255 - 765			■		
	Microbiële activiteit	mg N/kg	47	125 - 175	■				
	Schimmel/bacterie-ratio		0,5	0,7 - 1,0	■				

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 12	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-$CaCl_2$)	= 1,0	mg P/kg
Pw-getal	= 13	mg P_2O_5/l

Oostelijk Veehouderijgebied

RD-projectie

Hoekpunten perceel: 269522 486270, 269495 486334, 269391 486291, 269403 486251, 269395 486240, 269405 486216, 269522 486270

Vanwege ruimtegebrek is het mogelijk dat niet alle coordinaten van de vastgelegde hoekpunten van het perceel op dit verslag zijn weergegeven. Deze zijn echter wel opgeslagen in onze database.

staatsbosb. 11

Advies	Stikstof (N)			2021 t/m 2024						
	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	348	zeer licht weiden	< 1000	54	14	11	11	13	12	12
		licht weiden	1000 - 1500	75	21	32	32	29	26	24
		normaal weiden	1500 - 2000	91	48	49	49	43	37	32
		licht maaien	2000 - 2500	105	72	65	65	52	43	
		normaal maaien	2500 - 3000	116	93	77	77	59		
		zwaar maaien	> 3000	122	112	88	88			
		standweiden		75	-	52	41	42	32	32

				2021		2022 t/m 2024	
		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	35 (2e snede)	35	35 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		110	10 (eenmalig)	110	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		110	20 (eenmalig)	110	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	110	20	110	20
		normaal maaien	> 2500	110	25	110	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		100	15 (eenmalig)	100	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		100	85 (eenmalig)	100	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	140	70	140	70
		normaal maaien	> 2500	180	100	180	100

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	120	120	120	120

			2021		2022 t/m 2024	
	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)		100	100 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)		0	0 (eenmalig)	0	0 (eenmalig)

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	1710	-	-	-
		Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 120			

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	0
	Calcium (CaO)	eenmalig	485
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
Als na toediening van dierlijke mest nog 20 tot 25 kg fosfaat voor de eerste snede nodig is, dan kunt u deze aanvulling met kunstmest om praktische redenen achterwege laten. Tel de 'te weinig' gegeven fosfaat op bij de gift voor de volgende snede.
De P-buffering is 12 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 9

Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

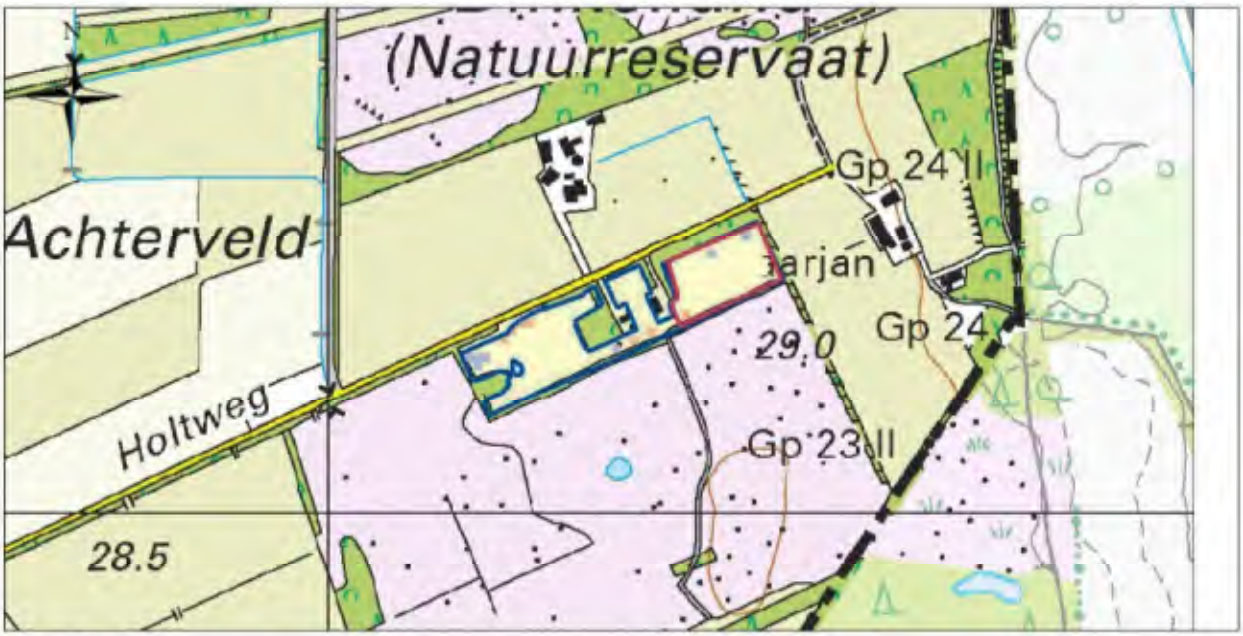
Magnesium:
Magnesium (Mg) is van belang voor opbrengst van gras, maar de Mg-voorziening moet tevens in orde zijn om het risico op kopziekte te voorkomen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.
Op blijvend grasland moet u bij voorjaarsaanwending de kalkgift over twee jaren verdelen.
Als de te lage kalktoestand gepaard gaat met een slechte graszode, is herinzaai de beste methode om tot een snelle verbetering te komen.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

staatsbosb. 11

Bontheid



Legenda

Bodemscout

Gewasproductie

- Boven gemiddeld
- Gemiddeld
- Onder gemiddeld

Percelen

- Bemonsterd perceel
- Gewasperceel
- Perceelsvlak
- Bodemscoutvlak

Schaal: 1:5,000

Datum: 09-04-2021 Tijd: 16:47:35

BodemScout toont - gebaseerd op 9 jaar satellietbeelden - de structurele verschillen binnen een gewasperceel; waar deed het gewas het gemiddeld beter en waar slechter? Geeft de BodemScout aan dat uw perceel heel heterogeen is, dan kunt u eerst onderzoeken waardoor de verschillen veroorzaakt worden (zoals structuur, vochtbinding, (schadelijk) bodemleven, tekort aan nutriënten, pH-toestand) en vervolgens uw management aanpassen aan deze informatie.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Organische stof

Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 2,6

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Netto toename van effectieve organische stof.

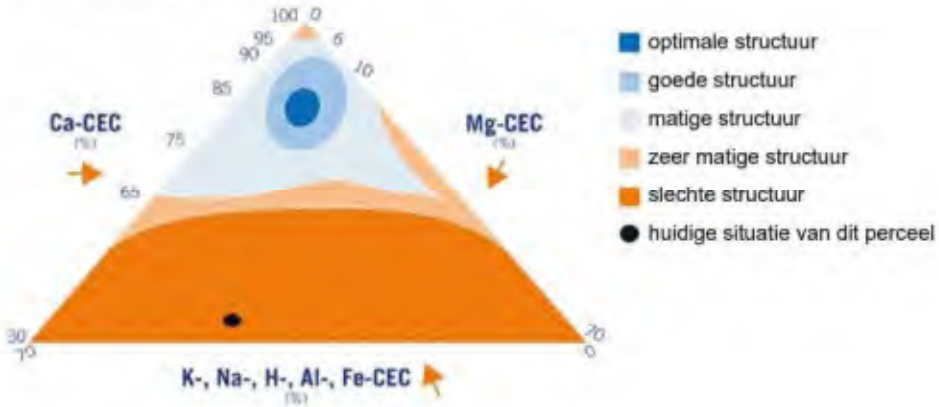
Figuur: Kwaliteit van de organische stof

Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek



staatsbosb. 11

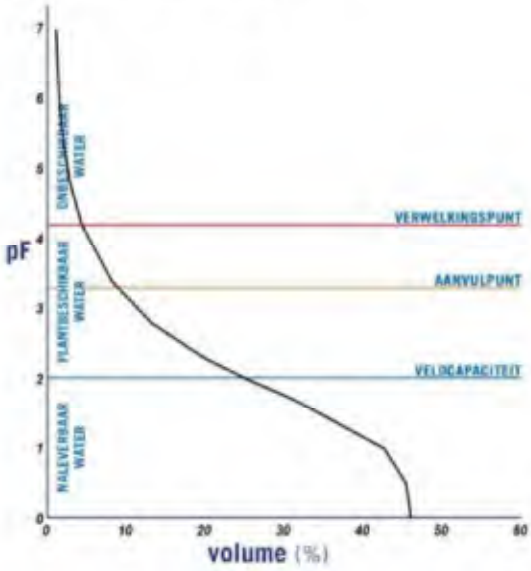
Fysisch

Figuur: Textuurdriehoek

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 21 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 9,0 % vocht zit en geef dan 16 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, 5.1.2e
Contactpersoon monstername:	5.1.2e 5.1.2e
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Precisiemonster, <1 ha

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Methode		Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse resultaten	N-totale bodemvoorraad	1990	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	S-plantbeschikbaar	4,2	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
	S-totale bodemvoorraad	315	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	P-plantbeschikbaar	1,0	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	P-bodemvoorraad	12	mg P_2O_5/100 g	PAL1: Gw NEN 5793	Q
	K-plantbeschikbaar	24	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	K-bodemvoorraad	1,7	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-plantbeschikbaar	0,3	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-bodemvoorraad	15	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Mg-plantbeschikbaar	27	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Mg-bodemvoorraad	6,8	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Na-plantbeschikbaar	6	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Na-bodemvoorraad	0,5	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Zuurgraad (pH)	4,0		Em: NIRS (TSC®)	
	C-organisch	2,8	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	Organische stof	5,1	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	C-anorganisch	0,04	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Koolzure kalk	0,3	%		
	Klei (<2 µm)	1	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Silt (2-50 µm)	9	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Zand (>50 µm)	85	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei-humus (CEC)	30	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële biomassa	445	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële activiteit	47	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Schimmel biomassa	58	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Bacteriële biomassa	126	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform
P-bodemvoorraad Deze analyse is in duplo uitgevoerd.

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
Het monster is geanalyseerd in het Eurofins Agro laboratorium in Wageningen, tenzij anders is vermeld.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 08-04-2021

staatsbosbeheer

ONDERZOEKCENTRUM B ware

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

BODEMCHEMISCH ONDERZOEK NATUURPOTENTIES RAVENSWAARDEN

- Eindrapport -

Opdrachtgever: Staatsbosbeheer • Auteurs: 5.1.2e & 5.1.2e •
Projectnummer: PR-22.140 • Rapportnummer: RP-22.140.22.97 • Datum: 22-11-2022

BODEMCHEMISCH ONDERZOEK
RAVENSWAARDEN

Eindrapport

5.1.2e
5.1.2e

ONDERZOEKCENTRUM B ware

Titel rapport:
Bodemchemisch onderzoek Ravenswaarden, eindrapport

Auteurs:
5.1.2e & 5.1.2e

Rapportnummer: RP-22.140.22.97

Opdrachtgever:
Natuurmonumenten

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:
5.1.2e
Tel: 5.1.2e
5.1.2e @b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2022

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding 7

1.1 Aanleiding 7

1.2 Onderzoeksvragen bodemchemisch onderzoek 8

1.3 Leeswijzer 8

2. Materiaal en methoden 9

2.1 Veldwerkzaamheden bodemchemisch onderzoek 9

2.2 Chemische analyse 11

3. Abiotiek beoogde natuurtypen 13

3.1 Algemene streefconcentraties 13

3.2 Glanshaverhooiland 13

3.3 Kruiden- en faunarijk grasland 14

4. Resultaten bodemchemisch onderzoek 16

4.1 Inleiding 16

4.2 Bodemtype 16

4.3 Grondwaterstanden 17

4.4 Kansen voor natuurontwikkeling per locatie 18

5. Synthese 21

6. Literatuur 23

7. Bijlagen 25

7.1 Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem 25

7.2 Bijlage 2 - Natuurontwikkeling op landbouwgronden 26

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

Onderzoekcentrum B-WARE is door Staatsbosbeheer gevraagd om een bodemchemisch onderzoek uit te voeren om natuurpotenties en geschikte inrichtingsmaatregelen in kaart te brengen voor een perceel in de Ravenswaarden (Figuur 1). Het gebied van de Ravenswaarden is een N2000-gebied en is ruim 240 hectare groot en strekt zich uit langs de IJssel van Gorssel tot Eefde. Op het perceel wordt gestreefd naar de ontwikkeling van een soortenrijk kruiden- en faunarijk grasland (N12.02) en glanshaverhooiland (N12.03).

Het onderzoek is gericht op de bodemkwaliteit. Voor het bepalen van de mogelijkheden voor een verschralingsbeheer (een ontgronding is in principe niet de bedoeling) zijn op een aantal locaties de fosfaatgehaltes in de toplaag en lokaal ook in de diepte bepaald en vergeleken met de gewenste fosfaatgehaltes voor kruiden- en faunarijk grasland (al is onder droge condities ook een soortenrijke ontwikkeling mogelijk onder P-rijkere condities bij droogtestress en/of N-limitatie) en glanshaverhooiland (Figuur 2). Het uitvoeren van een (ecohydrologische) systeemanalyse en het opstellen van een inrichtingsplan maken geen deel uit van het onderzoek. Met behulp van de resultaten van dit onderzoek kan de opdrachtgever gericht keuzes maken bij de gebiedsontwikkeling.

Figuur 1. Overzicht van de globale ligging van het onderzoeksgebied.

Hoge nutriëntenconcentraties kunnen de ontwikkelingsmogelijkheden van verschillende vegetatietypen belemmeren. Op 5 locaties werden profielbeschrijvingen uitgevoerd en bodemmonsters verzameld.

Figuur 2. Foto's van een goed ontwikkeld droog kruiden- en faunarijk grasland (links; Winterswijk) en glanshaverhooiland (rechts; Amerongse Bovenpolder). Foto's: 5.1.2e & 5.1.2e

1.2 Onderzoeksvragen bodemchemisch onderzoek

Op basis van de onderzoeksresultaten wordt aangegeven op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor soortenrijke natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschralingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.

Door middel van het onderzoek worden de volgende vragen beantwoord:

1. Wat is de bodemopbouw op de boorlocaties?
2. Wat zijn de P-concentraties/chemische bodemcondities in de toplaag?
3. Wat is de verschralingsduur voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde, soortenrijke natuur (hoog ambitieniveau) of bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland (lager ambitieniveau)?
4. Biedt een beperkte ontgronding kansen voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur?
5. Welke aanvullende of alternatieve inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen ter bevordering van de soortenrijkdom?

Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de verschralingsmogelijkheden en natuurpotenties op basis van de bodemchemische omstandigheden en het bodemtype. De resultaten uit dit onderzoek kunnen sterk bepalend zijn voor de keuzes die bij de gebiedsinrichting gemaakt worden. De keuze van de uiteindelijke inrichtingsmaatregelen is echter niet alleen afhankelijk van de kansrijkdom qua bodemchemie. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. Een ontgronding kan bijvoorbeeld een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de toegepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 3 wordt de abiotiek van beoogde natuurtypes besproken. De resultaten van het bodemchemisch onderzoek worden in hoofdstuk 4 beschreven inclusief de kansen voor de natuurontwikkeling plus de mogelijke (inrichtings)maatregelen die daarvoor nodig zijn. Hoofdstuk 5 bevat een overzicht van de gebruikte literatuur en hoofdstuk 6 de bijlagen.

2. MATERIAAL EN METHODEN

2.1 Veldwerkzaamheden bodemchemisch onderzoek

Monstername

Op 20 september 2022 werden op 5 locaties boringen gezet tot op 150 cm-mv (Figuur 3). De locaties werden in overleg met de opdrachtgever geselecteerd op basis van de actuele en historische perceelverdeling, hoogteverschillen in het landschap en variatie in het bodemtype. De boringen werden verricht met een Edelmanboor en de exacte boorlocaties werden ingemeten met een GPS (Tabel 1). Het bodemprofiel werd beschreven conform NEN 5104 door boormeester 5.1.2e van ATKB (zie Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem). Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en indien waarneembaar in het profiel ook de GHG en GLG (Tabel 1) geschat op basis van hydromorfe kenmerken.

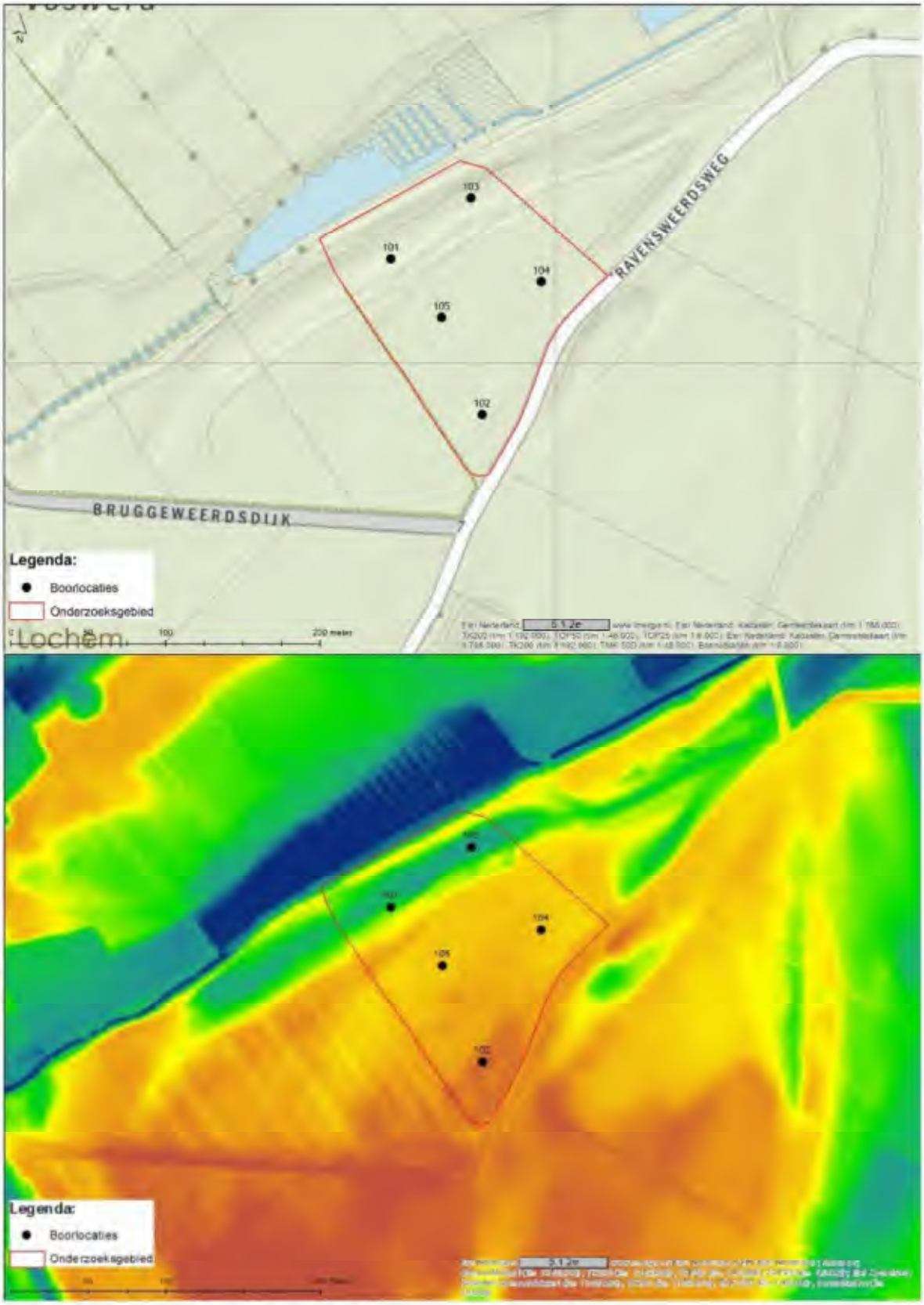
Tabel 1. Overzicht van de monsterdatum, coördinaten, maaiveldhoogte (m N.A.P.) landgebruik, actuele grondwaterstand (GWS; 20-9-2022), gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) per locatie. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 3.

LOCATIE	DATUM	X	Y	MVH	MVTYPE	GWS	GHG	GLG
101	20-9-2022	208893	468067	5,302	gras	150>	150>	150>
102	20-9-2022	208952	467967	6,864	gras	150>	150>	150>
103	20-9-2022	208945	468107	4,84	gras	150>	125	150>
104	20-9-2022	208991	468053	6,19	gras	150>	150>	150>
105	20-9-2022	208926	468030	6,192	gras	150>	150>	150>

Op de 5 locaties werd in principe alleen een mengmonster van de toplaag genomen (0-20 cm-mv; mengmonster van 5 steken in zone van 5x5 m). Door de boormeester werden echter ook monsters in de diepte verzameld waarvan enkele op kosten van B-WARE werden geanalyseerd.

De bodemmonsters werden vervoerd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. Voor het in kaart brengen van verschralingsduren, ontgrondingsdieptes, natuurpotenties, aanvullende maatregelen en risico's zijn bewerkingen en analyses uitgevoerd (Olsen-extractie, destructie en zoutextractie).

In paragraaf 2.2 worden de analysemethoden nader toegelicht.



Figuur 3. Overzicht van de ligging van de bodemmonsterlocaties in het onderzoeksgebied Ravenswaarden op een topografische en hoogtekaart.

2.2 Chemische analyse

Voor de bodemmonsters zijn de volgende variabelen bepaald:

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid (massavolume);
- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);
- pH-zout en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. ammonium, nitraat en calcium;

Drooggewicht en organisch stofgehalte
Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo af te wegen in aluminiumbakjes. De bakjes werden precies tot aan de rand afgevuld (volume = 40,5 ml), zodat de soortelijke massa van de bodem kan worden bepaald. De bodems werden gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal opnieuw gewogen en werd het vochtverlies berekend. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door via het gloeiverlies bepaald. Hiertoe werd gedroogd bodemmateriaal gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Destructie
Door de bodem en plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega of Ethos Easy) werden geplaatst. De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. Het destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Olsenextractie
Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plantbeschikbaar fosfaat worden bepaald. Hiertoe werd aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Zoutextractie
Met een zoutextractie kunnen de vrij in de bodem zoutuitwisselbare ionen bepaald worden. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2 mol l^{-1} NaCl) gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

60265 0054

Chemische analyses

Elementenanalyse (ICP en auto-analysers)
De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ARCOS MV of GREEN DUO, Spectro, Kleve, Duitsland). De concentraties nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl^-) werd colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

3. ABIOTIEK BEOOGDE NATUURTYPEN

3.1 Algemene streefconcentraties

Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid voldoende laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P concentratie een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen worden de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (de totaal-P concentratie kan sterk variëren afhankelijk van de ijzer- en calciumconcentraties en/of de kleiigheid van de bodem):

- Glanshaverhooiland: 300-800/900 µmol/l bodem;
- Droog kruiden- en faunarijk grasland: 900-1200/1500 µmol/l bodem of >1200/1500 µmol/l bodem (mits P-z < 2 µmol/l en/of nitraat <50-100 µmol/l).

Vanwege het feit dat planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties (gehalten) in deze rapportage uitgedrukt per liter verse bodem.

3.2 Glanshaverhooiland

Wanneer het te droog is voor de ontwikkeling van nat schraalland of vochtig hooiland behoort de ontwikkeling van glanshaverhooiland tot de mogelijkheden. Soortenrijke glanshaverhooilanden (N12.03) komen voor op tamelijk voedselarme tot matig voedselrijke, basische, goed ontwaterde bodems. Een glanshaverhooiland kan over het algemeen tot ontwikkeling komen bij Olsen-P concentraties <500 (optimaal) tot 800/900 µmol/l. De meest soortenrijke glanshaverhooilanden komen voor op zandige/zavelige locaties. Inundaties kunnen bijdragen aan de aanrijking met basen, echter langdurige inundaties (in het vegetatieseizoen) dienen te worden voorkomen. Veel kenmerkende soorten zijn namelijk gevoelig voor natte omstandigheden in het groeiseizoen, zowel overstroming als waterverzadiging in de bodem. De meest soortenrijke glanshaverhooilanden komen voor op zandige/zavelige locaties. Locaties met een vette kleibodem (tot-Al >1000 mmol/l) zijn veelal soortenarmer. Er zijn ook mooie glanshaverhooilanden waargenomen bij hogere totaal-Al concentraties, dit zijn waarschijnlijk locaties waar de afwatering goed is en (regen)water relatief kort op maaiveld blijft staan. Naarmate het kleigehalte van de bodem hoger wordt kan vocht in natte perioden minder snel wegzakken en wordt de bodem makkelijk zuurstofloos. Hetzelfde gebeurt als gronden lager in de uiterwaard liggen en dus langer overstromen of waar water minder goed kan worden afgevoerd. Soorten van glanshaverhooilanden worden dan vervangen door vochtminnende soorten als Grote vossenstaart, Rietzwenkgras, Pinksterbloem, Echte koekoeksbloem, Smeerwortel en Veldlathyrus. De rijkdom aan kenmerkende rivierbegeleiders is in deze Vossenstaartgraslanden doorgaans minder dan in Glanshaverhooilanden.

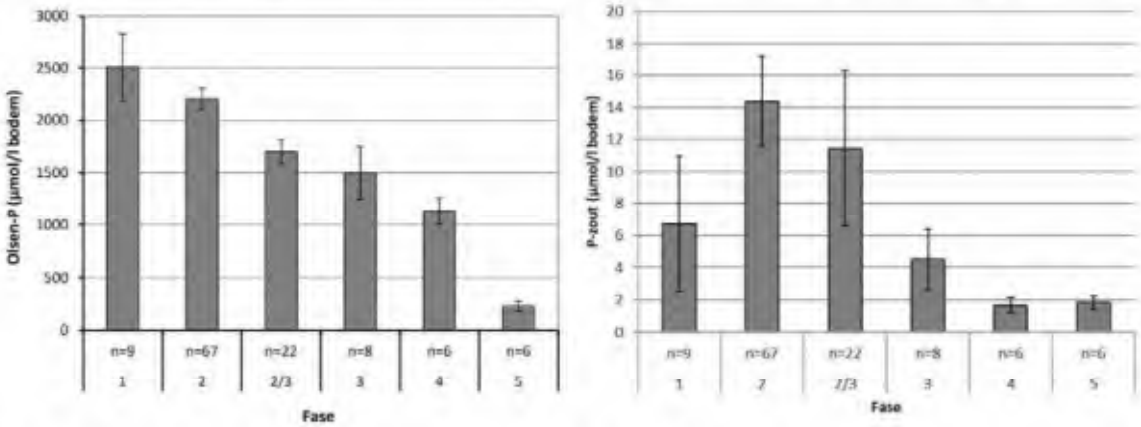
Bureau Natuurbalans (contactpersoon: 5.1.2e) heeft de laatste jaren goede resultaten ondervonden met de ontwikkeling van glanshaverhooiland en kruiden- en faunarijkgrasland door middel van chopperen en gericht inzaaien op P-rijkere gronden (zie paragraaf 3.3). Mogelijk speelt N-limitatie en/of droogtestress hierbij ook een rol.

60265 0054

Figuur 4. Glanshaverhooiland in de Amerongse Bovenpolder. Foto: 5.1.2e

3.3 Kruiden- en faunarijk grasland

Uit onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (<900-1200/1500 µmol/l; Figuur 5). Dit is slechts een indicatieve streefwaarde: 'kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet.



Figuur 5. Olsen-P (links) en P-z (rechts) concentratie in µmol/l bodem van graslandpercelen in Overijssel ingedeeld per graslandfase naar Schippers e.a. (2012). Verklaring graslandfasen (van voedselrijk naar schraal): fase 1 = raaigraslanden, fase 2 = witbolgraslanden, fase 3 = gras-kruidenmix, fase 4 = kruidenrijk grasland en fase 5 = heischraal grasland. Bron: Scherpenisse e.a. (2017).

60265 0054

Figuur 6. Foto's van een goed ontwikkeld droog (links; Winterswijk) en vochtig (rechts; Doetinchem) kruiden- en faunarijk grasland. Foto's: 5.1.2e.

De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de meest labiele P-fractie voldoende laag is (P-z < 1-2 µmol/l) en ook de nitraatconcentratie laag is (<100-200 µmol/l).

Om op voedselrijkere gronden de dominantie van witbol te doorbreken, wordt geadviseerd witbol vroeg af te maaien, bijvoorbeeld in mei. Deze grassen bloeien namelijk voordat de zomerkruiden gaan bloeien. Op deze manier wordt gestreepte witbol actief teruggedrongen ten gunste van later bloeiende kruidachtigen. Goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden worden vaak laat in de zomer (augustus/september) gemaaid.

Overigens kunnen er op droge, voedselrijkere (hoge tot zeer hoge Olsen-P concentraties) zandgronden ook kruidenrijkere graslanden tot ontwikkeling komen als gevolg van droogtestress en/of lage concentraties organische stof (eventueel in combinatie met tijdelijk akkerbeheer) (Dorland e.a., 2020; Eichhorn e.a., 2020). Bij recent ander onderzoek in (de voormalige) landbouwenclave Oude Willem, bij het Canadameer en in het Mantingerzand (in opdracht van Prolander) werden bodemmonsters verzameld van goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden die tot ontwikkeling zijn gekomen onder P-rijkere condities (13,1-16,3 µmol/l totaal-P en 3820-6824 µmol/l Olsen-P). Onder droge (50 cm-mv droogval in groeiseizoen), P-rijke condities kan een soortenrijkere ontwikkeling optreden wanneer de labiel-P concentraties laag zijn en/of sprake is van droogtestress en/of K- of N-limitatie. Waarschijnlijk zijn de (zeer) lage nitraatconcentraties (<20-100 µmol/l) de oorzaak van de kruidenrijke ontwikkeling in de genoemde gebieden. Dit biedt perspectief voor de ontwikkeling van kruidenrijke graslanden op de voormalige landbouwgronden waar vergelijkbare totaal-P en Olsen-P concentraties worden gemeten.

Bureau Natuurbalans (contactpersoon: 5.1.2e) heeft de laatste jaren goede resultaten ondervonden met de ontwikkeling van kruiden- en faunarijkgrasland door middel van chopperen en gericht inzaaien op P-rijkere gronden. Door te chopperen wordt de dichte, soortenarme graszode verwijdert en ruimte gecreëerd voor de kieming van de doelsoorten. Na het chopperen wordt gericht zaadmengsel (bestaande uit zowel inheemse grassen als kruiden van Biodivers) van glanshaverhooiland of kruiden- en faunarijkgrasland opgebracht. Deze methode bevindt zich echter nog wel in de experimentele fase, het is nog niet duidelijk of de ontwikkelde vegetaties zich op de lange termijn standhouden en waarom het op sommige gronden wel en niet werkt (mogelijk speelt stikstoflimitatie een rol).

4. RESULTATEN BODEMCHEMISCH ONDERZOEK

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodemchemisch onderzoek beschreven. In paragraaf 4.2 wordt het bodemtype en de bodemopbouw gepresenteerd en in paragraaf 4.3 worden de grondwaterstanden besproken. In paragraaf 4.4 worden de kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur in clusters besproken en welke maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. Ten slotte worden enkele algemene aandachtpunten bij natuurontwikkeling gegeven.

4.2 Bodemtype

De bodem in het onderzoeksgebied Ravenswaarden bestaat uit een vette kleibodem (locaties 101 en 103), kleiig zand (locaties 104 en 105) en zwak kleiig zand (locaties 102) (Tabel 2). De dikte van de bouwvoor varieert van circa 20-35 cm, maar is overwegend 30 cm. Onder de bouwvoor is een BC-horizont te vinden. De BC horizont is op alle locaties arm aan organische stof. De C horizont ligt op de meeste locaties diep (40> cm). Bij de adviezen per locatie ligt de focus op de voedselrijkdom van de toplaag. Lokaal wordt tevens beschreven tot op welke diepte de bodem verrijkt is met fosfaat. Zie Figuur 7 voor een impressie van de boorprofielen en locaties. Zie Bijlage 1 voor de gedetailleerde profielbeschrijvingen per locatie.

Figuur 7. Foto's van de boorprofielen en impressie van de locaties in het onderzoeksgebied. De bodems zijn uitgelegd per 40 cm (kolom van boven naar beneden) tot een diepte van 150 cm-mv: linksboven ligt 0-10 cm, linksonder 30-40 cm, rechtsboven 120-130 cm-mv. Foto's: 5.1.2e .

4.3 Grondwaterstanden

Welke natuurbeheertypen zich daadwerkelijk in het gebied kunnen ontwikkelen is onder andere afhankelijk van de voedselrijkdom van de bodem, de mate van buffering van de bodem, het bodemtype en de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater.

De grondwaterstanden zijn niet waarneembaar op de meeste locaties, wat betekent dat de grondwaterstand (zeer) laag is in het onderzoeksgebied. De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) in het onderzoeksgebied ligt overwegend 125->150 cm-mv. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) is op alle locaties 150> cm-mv. Zie Tabel 1 voor een overzicht per locatie.

In het gebied wordt de ontwikkeling van droog kruiden- en faunarijk grasland of glanshaverhooiland nagestreefd.

4.4 Kansen voor natuurontwikkeling per locatie

Doel van het huidige onderzoek is om de kansen voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland en glanshaverhooiland op een (voormalige) agrarische perceel te bepalen. De kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de Olsen-P en totaal-P concentraties in de bodem (zie Hoofdstuk 7.2). Al is onder invloed van droogtestress en/of N-limitatie ook een soortenrijkere ontwikkeling mogelijk onder fosfaatrijke condities.

In deze paragraaf wordt het onderzoeksgebied opgedeeld in 3 clusters. Locaties in cluster I (locaties 101 en 103) worden gekenmerkt door een vette klei bodem. In cluster II (locaties 104 en 105) bestaat de bodem uit kleiig zand. In cluster III (locaties 102) wordt de bodem gekenmerkt door zand (zwak kleiig). Per cluster worden de belangrijkste bodemchemische variabelen, potenties en geschikte maatregelen kort toegelicht. Zie Figuur 8 zijn de beoogde natuurdoelen inzichtelijk gemaakt. Het opstellen van een inrichtingsplan maakt geen onderdeel uit van deze opdracht.

Tabel 2. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in Ravenswaarden. Lutum = lutumpercentage; OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem, Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l). M5/M8/12 = berekende verschralingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 500/800/1200 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3,0 mmol/l) bij een P-afvoer van 10 kg P/ha/jr. Een gericht uitmijnbeheer gaat 4x sneller. Onder droge condities is P-limitatie niet vereist voor een kruidenrijke ontwikkeling wanneer de nitraatconcentraties laag (<50 µmol/l) zijn.

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<200	<20	<4000	<40	<2	<50	<10	voldoende P-arm
6-10	201-400	21-50	4001-10000	41-100	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	401-800	51-100	10001-20000	101-250	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	801-1200	101-150	20001-35000	251-500	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>1200	150-250	35001-50000	501-800	31-50	401-800	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		>250	>50000	>800	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	Lutum	OS	V	MV	P-O	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M5	M8	M12
101	0-20	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	35	10	20	1,0	697	23,1	1021	150	579	112	315	11	30	38706	67	6087	6,1	100	2,4	267	29	31		
	20-35	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	35	7	16	1,0																				
	35-45	Klei, sterk siltig	BC	29	6	15	1,0																				
	45-55	Klei, sterk siltig	BC	29	5	13	1,1																				
102	0-20	Zand, matig humeus, bv	AP	4	8	17	1,0	1193	22,0	247	305	172	31	141	15	10	21508	383	2363	7,2	100	13,0	691	34	80	45	
	20-30	Zand, matig humeus, bv	AP	4	5	9	1,0																				
	30-40	Zand	BC	3	5	6	1,1																				
	40-50	Zand	BC	3	3	4	1,2																				
103	0-20	Klei, matig siltig en humeus, bv	AP	40	13	23	0,8	1159	27,5	947	147	583	98	303	13	37	36392	74	5689	6,2	100	6,2	696	28	58	53	
	20-40	Klei, matig siltig	BC	35	7	20	1,0	283	17,1	1193	140	659	138	351	6	12	38315	57	5550	6,6	100	2,2	106	32			
	40-60	Klei, matig siltig	BC	35	6	19	1,1																				
	60-70	Klei	C	20	4	13	1,1																				
104	0-20	Zand, kleiig, matig humeus, omg	AP	7	8	17	1,0	623	16,3	514	244	308	57	185	10	21	28313	152	2871	7,2	100	3,8	518	163	20		
	20-30	Zand, kleiig, matig humeus, omg	AP	7	7	12	1,0	467	16,0	559	359	337	63	215	9	20	27641	493	2858	7,3	100	2,6	86	37			
	30-40	Zand, kleiig	BC	6	6	8	1,1	366	15,1	560	582	342	64	236	8	8	26572	173	2629	7,2	100	2,3	319	29			
	40-50	Zand, kleiig	C	6	3	5	1,1																				
105	0-20	Zand, kleiig, matig humeus, bv	AP	7	8	19	1,0	539	20,0	636	116	379	73	215	11	6	28651	224	4837	6,6	100	2,7	268	35	9		
	20-30	Zand, kleiig, matig humeus, bv	AP	7	7	17	1,1																				
	30-40	Zand, kleiig	BC	6	5	10	1,0																				
	40-50	Zand, kleiig	BC	6	3	5	1,2																				

Cluster I (locaties 101 en 103)

De locaties 101 en 103 worden gekenmerkt door een vette klei bodem (Al-t: 947-1193 mmol/l). De toplaag op deze locaties (0-20 cm-mv) is sterk calciumhoudend en zeer ijzerrijk (Ca-t: 147-150 mmol/l, Ca-z: 36392-38706 µmol/l, Fe-t: 579-583 mmol/l). De toplaag is relatief beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 697-1159 µmol/l, P-t: 23,1-27,5 mmol/l). Geadviseerd wordt om op deze locaties te richten het ontwikkelen van een droog kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag (mogelijk ook glanshaverhooiland). Door de vette kleibodem kan de soortenrijkdom beperkt blijven, met name wanneer de afvoer van regenwater onvoldoende is. Er wordt geadviseerd om intensief (de eerste 2-3 jaren, zolang de productiviteit hoog is) te maaien en afvoeren of te chopperen, waarna maaisel uit een referentieterrein of een gericht zaadmengsel (bestaande uit zowel inheemse grassen als kruiden van Biodivers) van droog kruiden- en faunarijkgrasland op kleibodems wordt opgebracht. Bureau Natuurbalans (contactpersoon: 5.1.2e) heeft de laatste jaren goede resultaten ondervonden met de ontwikkeling van kruiden- en faunarijkgrasland door middel van chopperen en gericht inzaaien op P-rijkere, droge gronden (dan speelt de M12 verschralingsduur minder een rol; dit in tegenstelling tot op vochtige percelen). Waarschijnlijk speelt droogtestress en N-limitatie een rol. Op basis van de Olsen-P concentratie van 697-1159 µmol/l kan ook geprobeerd worden om na chopperen maaisel of een zaadmengsel van glanshooiland op te brengen. Op 20 cm-mv is de bodem P-arm op locatie 103 (283 µmol/l Olsen-P).

Advies: Richten op de ontwikkeling van de toplaag door te maaien en afvoeren of eventueel chopperen (indien doelsoorten ontbreken) en maaisel uit een referentieterrein opbrengen of inzaaien van een gericht zaadmengsel van droog kruiden- en faunarijkgrasland op kleibodems of glanshaverhooiland (697-1159 µmol/l Olsen-P).

Cluster II (locaties 104 en 105)

Op de locaties 104 en 105 bestaat de bodem uit kleiig zand (Al-t: 514-636 mmol/l). De toplaag op deze locaties (0-20 cm-mv) is sterk calciumhoudend en ijzerrijk (Ca-t: 116-244 mmol/l, Ca-z: 28333-28651 µmol/l, Fe-t: 308-379 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 467-623 µmol/l, P-t: 17,1-27,5 mmol/l). De bodem is direct geschikt voor de ontwikkeling van een glanshaverhooiland op de toplaag. Geadviseerd wordt om intensief te chopperen, waarna maaisel uit een referentieterrein of een gericht zaadmengsel (bestaande uit zowel inheemse grassen als kruiden van Biodivers) van glanshaverhooiland dient te worden opgebracht. Bureau Natuurbalans (contactpersoon: 5.1.2e) heeft de laatste jaren goede resultaten ondervonden met de ontwikkeling van glanshaverhooiland door middel van chopperen en gericht inzaaien op P-rijkere gronden. Zie ook paragraaf 3.3.

Advies: Richten op de ontwikkeling van de toplaag door middel van chopperen (indien doelsoorten ontbreken) en maaisel uit een referentieterrein opbrengen of inzaaien van gericht zaadmengsel (glanshaverhooiland).

Cluster III (locaties 102)

Op locatie 102 bestaat de bodem uit zand (Al-t: 247 mmol/l). De toplaag op deze locatie (0-20 cm-mv) is sterk calciumhoudend en ijzerrijk (Ca-t: 305 mmol/l, Ca-z: 21508 µmol/l, Fe-t: 177 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1193 µmol/l, P-t: 22,0 mmol/l). Geadviseerd wordt om op deze locatie te richten op het ontwikkelen van een droog kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag. Extra maatregelen kunnen nodig zijn om kruiden de kans te geven tot ontwikkeling te komen. Er wordt geadviseerd om intensief (de eerste 3-5 jaren, zolang de productiviteit hoog is) te maaien en afvoeren of te chopperen, waarna maaisel uit een

referentieterrein of een gericht zaadmengsel (bestaande uit zowel inheemse grassen als kruiden van Biodivers) van kruiden- en faunarijkgrasland op droge zandgronden wordt opgebracht. Voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland is een Olsen-P concentratie van circa 300-800 µmol/l gewenst. Daar is de toplaag nu nog wat te rijk voor. Daarnaast is de nitraatconcentratie in de toplaag relatief hoog. Wanneer de zode laag productief wordt na enkele jaren intensiever maaien en afvoeren kan overwogen worden om de toplaag te chopperen en maaisel uit een goed ontwikkeld stroomdalgrasland op te brengen. Op de locaties 104 en 104 lijkt de bodem te kleiig voor stroomdalgrasland.

Advies: Richten op de ontwikkeling van de toplaag door te maaien en afvoeren of eventueel chopperen (mits kruidachtigen ontbreken) en maaisel uit een referentieterrein opbrengen of inzaaien van gericht zaadmengsel (kruiden- en faunarijk grasland) of enkele jaren intensief maaien en afvoeren en doorontwikkelen tot stroomdalgrasland.

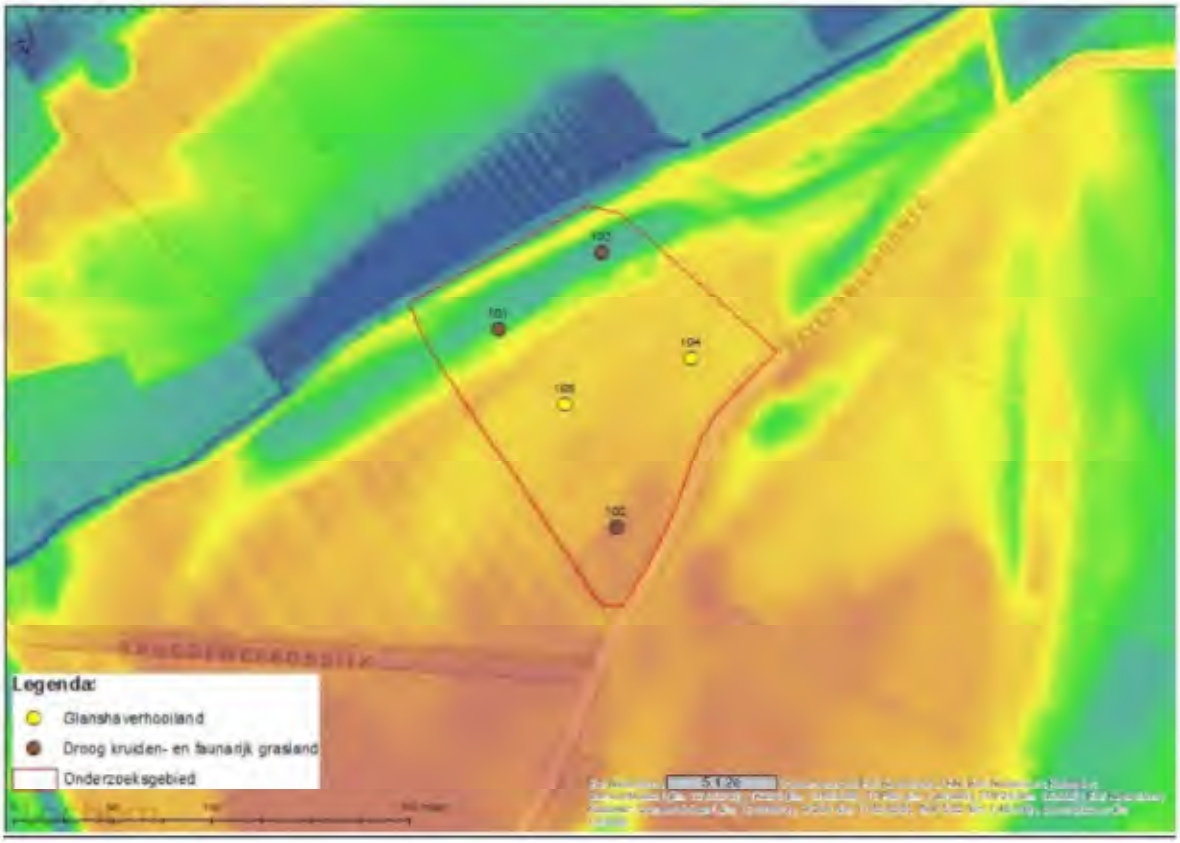
5. SYNTHESE

AANLEIDING EN OPZET ONDERZOEK

- Onderzoekcentrum B-WARE is door Staatsbosbeheer gevraagd om een bodemchemisch onderzoek uit te voeren om natuurpotenties en geschikte inrichtingsmaatregelen in kaart te brengen voor een perceel in de Ravenswaarden (Figuur 1). Doel is de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland (N12.02) en glanshaverhooiland (N12.03). Het opstellen van een beheerplan maakt geen onderdeel uit van het onderzoek.
- Het onderzoek is primair gericht op de bodemchemie van de toplaag. Met behulp van de resultaten van dit onderzoek kan de opdrachtgever gericht keuzes maken bij de gebiedsontwikkeling. Op 5 locaties werden profielbeschrijvingen uitgevoerd en bodemmonsters verzameld voor analyse.

P-GELIMITEERDE NATUURONTWIKKELING (VOORMALIGE) LANDBOUWPERCELEN

- De bodem in het onderzoeksgebied Ravenswaarden bestaat uit een vette kleibodem (locaties 101 en 103), kleiig zand (locaties 104 en 105) en zwak kleiig zand (locaties 102) (Tabel 2). De dikte van de bouwvoor varieert van circa 20-35 cm, maar is overwegend 30 cm. Zie Figuur 7 voor een impressie van de boorprofielen en locaties. Zie Bijlage 1 voor de gedetailleerde profielbeschrijvingen per locatie.
- De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) in het onderzoeksgebied ligt overwegend 125->150 cm-mv. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) is op alle locaties 150> cm-mv. Zie Tabel 1 voor een overzicht per locatie.
- Voor de ontwikkeling van de beoogde natuurbeheertypen kunnen de volgende streefconcentraties worden gehanteerd (GRIP database Onderzoekcentrum B-WARE):
  - Glanshaverhooiland: 300-800/900 µmol/l bodem;
  - Droog kruiden- en faunarijk grasland: 900-1200/1500 µmol/l bodem of >1200/1500 µmol/l bodem (mits P-z < 2 µmol/l en/of nitraat <50-100 µmol/l).
- Uit de bodemchemische analyses blijkt dat de toplaag van de bodems relatief beperkt verrijkt zijn met fosfaat. In Figuur 8 zijn de natuurpotenties inzichtelijk gemaakt. In principe is de bodem reeds geschikt voor glanshaverhooiland (locatie 101, 104 en 105: 500-700 µmol/l Olsen-P) en kruiden- en faunarijk grasland (102, 103: 1200 µmol/l Olsen-P). Wanneer het niet bemesten in combinatie met een beheer van maaien en afvoeren onvoldoende tot de ontwikkeling van doelsoorten leidt kan (eventueel na 2-3 jaren intensief maaien en afvoeren om de labiele fosfor- en nitraatconcentraties te verlagen) de zode worden gechopperd. Vervolgens kan maaisel of een gericht zaadmengsel worden opgebracht om de ontwikkeling van glanshaverhooiland (meest kansrijk op locatie 104 en 105) of kruidenrijk grasland te stimuleren. Per cluster wordt het advies nader toegelicht in hoofdstuk 4.



Figuur 8. Overzicht van de natuurpotenties van de toplaag op de locaties in het onderzoeksgebied Ravenswaarden. De toplaag is slechts beperkt verrijkt met fosfaat. Op locatie 101 (Olsen-P ±700 µmol/l), 102 en 103 (Olsen-P ±1200 µmol/l op beide locaties) behoort glanshaverhooiland eventueel ook tot de mogelijkheden (Olsen-P streefconcentratie 300-800 µmol/l Olsen-P). Op locatie 101 en 103 is sprake van een vette kleibodem. Op locatie 102 een zandbodem. Op locatie 104 en 105 (Olsen-P ±500-600 µmol/l) is de zandige kleibodem / kleiige zandbodem reeds geschikt voor glanshaverhooiland.

6. LITERATUUR

Dorland, E., K. Eichhorn, T. Van den Broek & M. Courbois (2020) Herstel kruidenrijke graslanden op zandgrond door tijdelijk akkerbeheer. De Levende Natuur 121: 86-91.

Eichhorn, K., E. Brouwer, E. Dorland, R. Ketelaar & T. van den broek (2020) Kruidenrijke natuurgraslanden ontwikkelen op fosfaatrijke grond. Wat is er mogelijk? De Levende Natuur 121: 92-95.

De Graaf, M.C.C., R. Bobbink, N.A.C. Smits, R. van Diggelen & J.G.M. Roelofs (2009). Biodiversity, vegetation gradients and key geochemical processes in the heathland landscape. Biological Conservation 142: 2191-2201.

Klimkowska, A., R. van Diggelen, J.P. Bakker & A.P. Grootjans (2007). Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* **140**: 318-328.

Lamers L.P.M., H.B.M. Tomassen & J.G.M. Roelofs (1998) Sulfate induced eutrophication and phytotoxicity in freshwater wetlands. Environmental Science & Technology 32: 199-205.

Mullekom, M. van & F. Smolders (2012) Bodemchemisch onderzoek Gooiermars. Onderzoek naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden op voormalige landbouwgronden. Rapport 2012.34, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Department of Agriculture* circular No. 939.

Scherpenisse, M.C., E. Verbaarschot, B. Timmermans, R. Bobbink & P.J.M. Verbeek (2017) Graslanden in Overijssel. Advies voor kwaliteitsverbetering van kruiden- en faunarijk grasland. Natuurbalans - Limens Divergens BV, Nijmegen.

Schippers, W. (2012) Ontwikkelen van kruidenrijk grasland. *Samenwerkende Uitgevers Vof.*

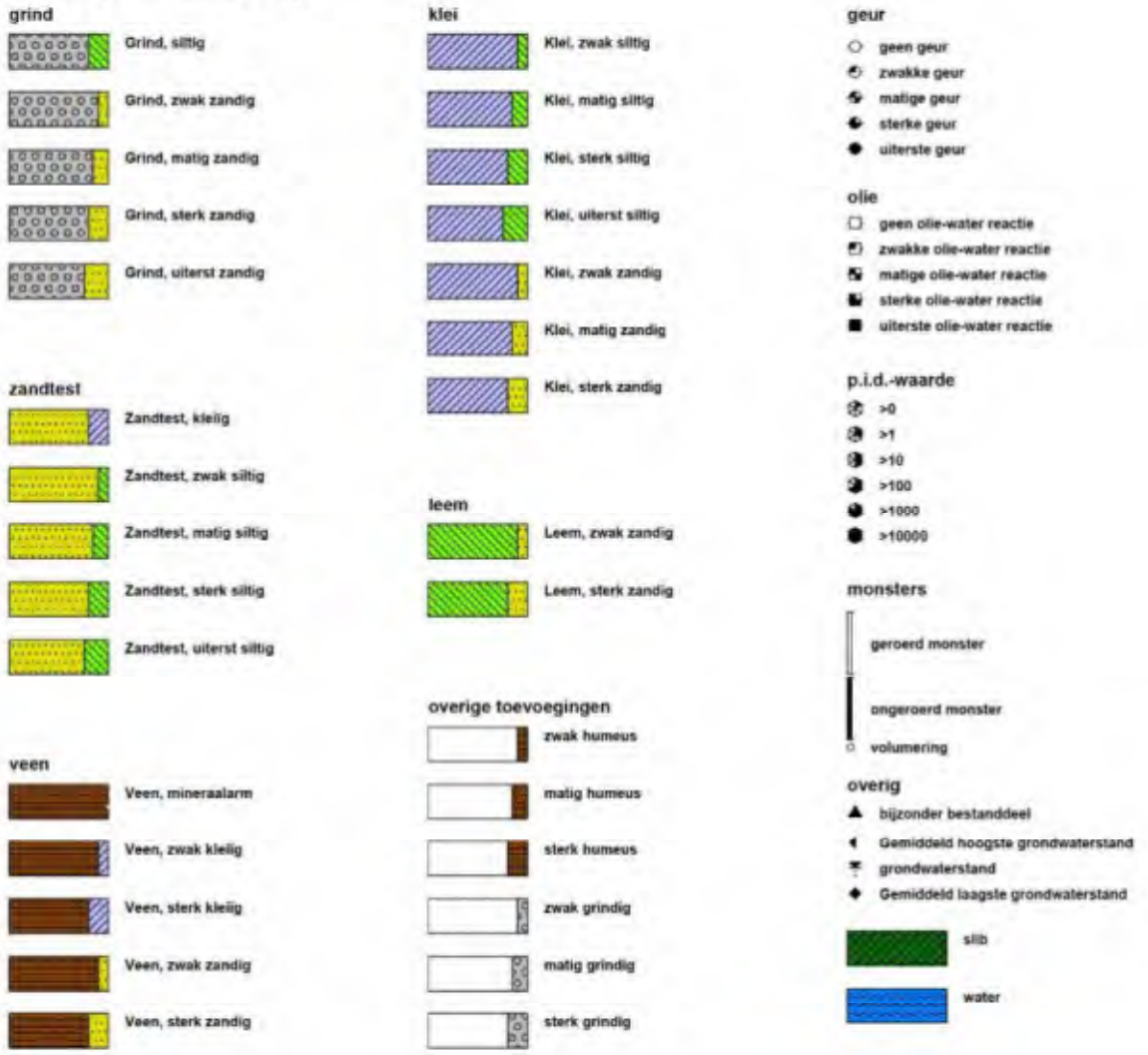
7. BIJLAGEN

7.1 Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem

Profielbeschrijvingen conform NEN5104 van de boorlocaties in het gebied. Profielbeschrijvingen zijn opgesteld door ATKB (5.1.2e). 101 = 1, 102 = 2, 103 = 3, 104 = 4 en 105 = 5.

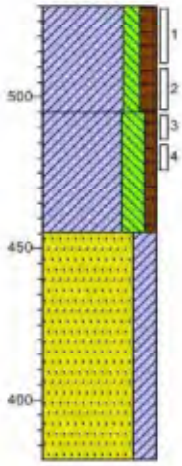
Legenda:

Legenda (conform NEN 5104)



Boring: 101

X: 208893.11
Y: 468067.17
Datum: 20-9-2022
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 5.302
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



0 gras

AP-HORIZONT (35)
Klei, matig siltig, matig humeus, resten wortels, K-waarde: 0.05 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

35

BC-HORIZONT (40)
Klei, sterk siltig, zwak humeus, sporen roest, sporen schelpen, K-waarde: 0.05, licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

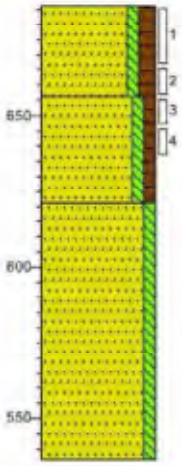
75

C-HORIZONT (75)
Zand, matig fijn, kleiig, M50 (165), laagjes klei, sporen roest, K-waarde: 0.8 (goed), licht grijsbeige, Edelmanboor, gelaagd, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

150

Boring: 102

X: 208952.21
Y: 467966.87
Datum: 20-9-2022
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 6.864
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



0 gras

AP-HORIZONT (30)
Zand, matig fijn, zwak siltig, matig humeus, M50 (165), resten wortels, K-waarde: 0.3 (redelijk), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

30

BC-HORIZONT (35)
Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, M50 (150), sporen Humus, K-waarde: 0.5 (redelijk), licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, humusinspoeling

65

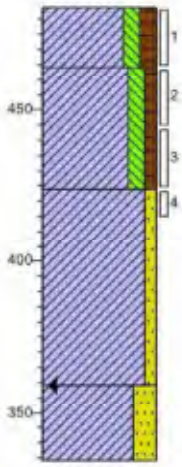
C-HORIZONT (85)
Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (175), sporen roest, lensjes klei, K-waarde: 2 (goed), licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

150

Boring: 103

X: 208944.94
Y: 468106.84
Datum: 20-9-2022
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 4.84
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

GHG: 125



0 gras

AP-HORIZONT (20)
Klei, matig siltig, matig humeus, zwak roesthoudend, resten wortels, K-waarde: 0.01 (slecht), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, roestvlekken, bouwvoor

20

BC-HORIZONT (40)
Klei, matig siltig, zwak humeus, sporen Humus, zwak roesthoudend, K-waarde: 0.01 (slecht), donker bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, humusinspoeling

60

C-HORIZONT (65)
Klei, zwak zandig, M50 (145), sporen roest, laagjes zand, K-waarde: 0.05 (slecht), donker bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

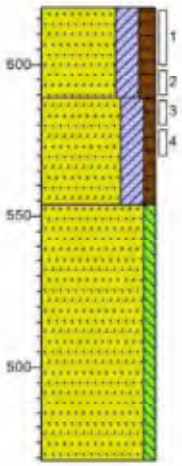
125

C-HORIZONT (25)
Klei, sterk zandig, M50 (165), laagjes klei, laagjes zand, matig roesthoudend, K-waarde: 0.2 (redelijk), licht beigeroest, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

150

Boring: 104

X: 208990.56
Y: 468052.59
Datum: 20-9-2022
Boormeester: S.1.2e
N.A.P. : 6.19
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



0 gras

AP-HORIZONT (30)
Zand, matig fijn, kleiig, matig humeus, M50 (155), resten wortels, K-waarde: 0.2 (redelijk), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, omgewerkte grond

30

BC-HORIZONT (35)
Zand, matig fijn, kleiig, zwak humeus, M50 (155), sporen Humus, K-waarde: 0.1 (redelijk), licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, humusinspoeling

65

C-HORIZONT (85)
Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (175), lensjes klei, K-waarde: 2 (goed), licht geelbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, moedermateriaal

150

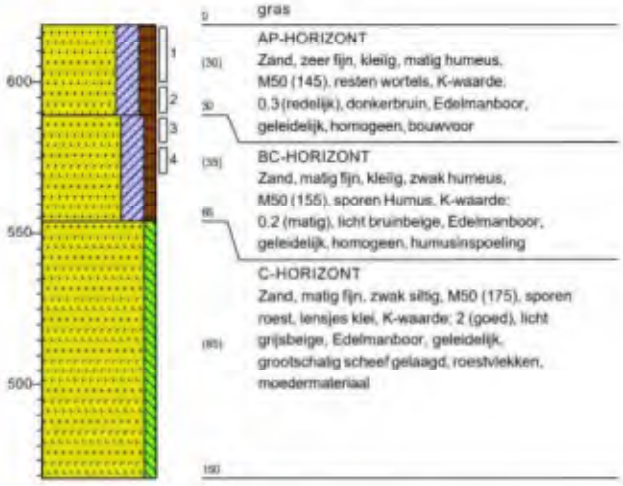
Projectcode: PR-22.140

Projectnaam: b.o. ravenswaard

ATKB

Boring: 105

X:	208925.98
Y:	468029.71
Datum:	20-9-2022
Boormeester:	S.T.Ze
N.A.P. :	6.192
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers



0 gras

AP-HORIZONT
(30) Zand, zeer fijn, kleiig, matig humeus, M50 (145), resten wortels, K-waarde: 0.3 (redelijk), donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bouwvoor

30

BC-HORIZONT
(35) Zand, matig fijn, kleiig, zwak humeus, M50 (155), sporen Humus, K-waarde: 0.2 (matig), licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, humusinspoeling

65

C-HORIZONT
(85) Zand, matig fijn, zwak siltig, M50 (175), sporen roest, lensjes klei, K-waarde: 2 (goed), licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, roestvlekken, moedermateriaal

150

Projectcode: PR-22.140

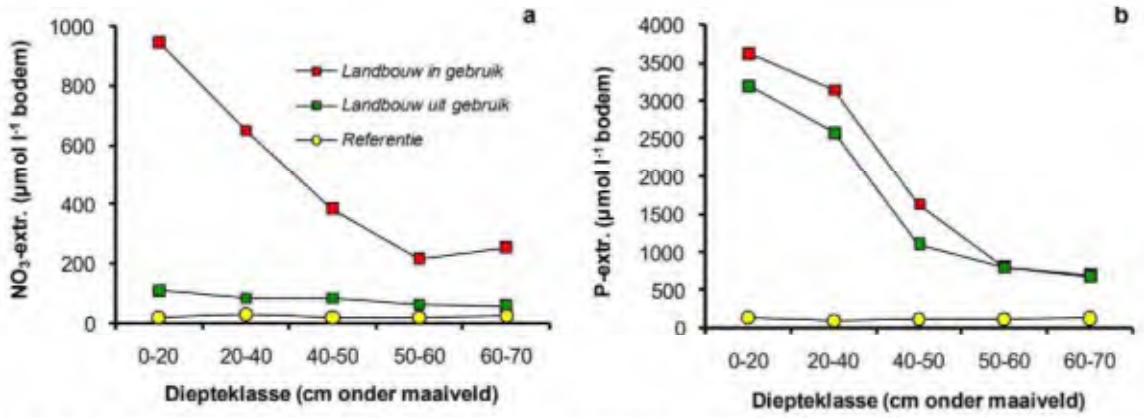
Projectnaam: b.o. ravenswaard

7.2 Bijlage 2 - Natuurontwikkeling op landbouwgronden

6.2.1 Natuurontwikkeling: belang van fosfaat

De kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de beschikbaarheid van nutriënten als fosfor (P) en stikstof (N). Stikstoflimitatie is moeilijk te bereiken vanwege de hoge stikstofdepositie in Nederland en ook omdat onder relatief stikstofarme omstandigheden stikstofbindende soorten zich sterk uitbreiden. Het is daarom van belang om te sturen op fosforlimitatie.

Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Figuur 9; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006). Fosfor daarentegen wordt sterk in de bodem gebonden en de fosforbeschikbaarheid neemt na beëindiging van het agrarische gebruik niet sterk af (Figuur 9; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Het is daarom van belang om met maatregelen de beschikbaarheid van fosfor in de bodem te reduceren.

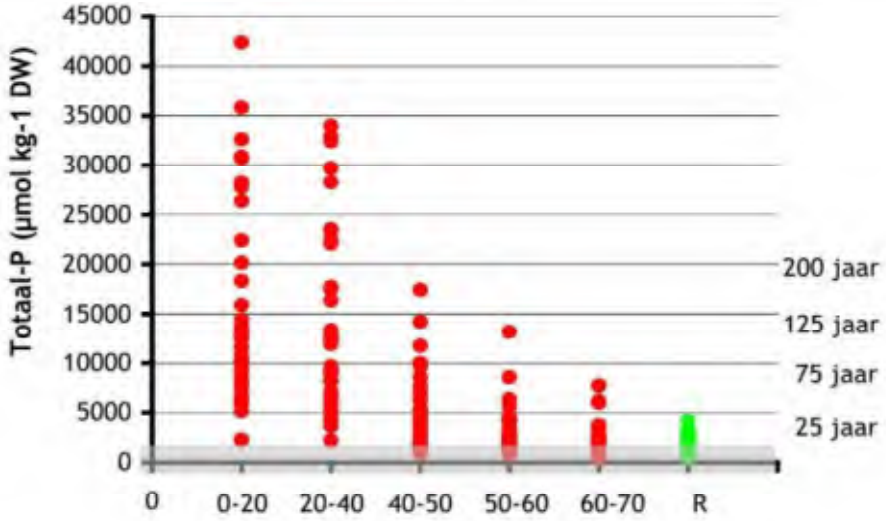


Figuur 9. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de bodem niet meer in landbouwkundig gebruik is doordat het uitspoelt naar het grondwater of wordt gedenitrificeerd. Het sterk in de bodem gebonden (immobiele) fosfaat verdwijnt echter niet op een natuurlijke wijze uit de bodem. Bron: Lamers e.a. (2009).

In tegenstelling tot stikstof neemt de fosforbeschikbaarheid niet door uitspoeling sterk af. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde uitgangssituatie te krijgen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd) (Figuur 9; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag meestal onontkoombaar. Hierbij is het belangrijk om vast te stellen tot hoe diep ontgrond moet worden om een voldoende P-arme uitgangssituatie te creëren. Dit kan door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten (Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; van Mullekom e.a., 2013).

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders e.a., 2006). In de bodem zorgen geoxideerde ijzerverbindingen (ijzer(hydr)oxiden; roest) in belangrijke mate voor de vastlegging van fosfaat. Onder natte condities kan er geen zuurstof meer in de bodem doordringen waardoor

geoxideerde ijzerverbindingen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen.



Figuur 10. Totaal-P concentraties in verschillende voormalige landbouwgronden (rood) en referentiegebieden (R, groen). Op de X-as wordt de diepte in cm weergegeven waarop de monsters zijn genomen. Het grijze gebied geeft de streefwaarde van 2500 µmol totaal-P per kilogram droge bodem. Rechts wordt het aantal jaren gegeven dat nodig is om de totaal-P waarden te laten dalen tot deze referentiewaarde door middel van maaien en afvoeren, aannemende dat er 10 kg P per hectare per jaar kan worden afgevoerd. Bron: Smolders e.a. (2006).

6.2.2 Verschralingsmaatregelen bij natuurontwikkeling

Verschraling (limitatie van voedingsstoffen) op voormalige landbouwgronden kan op verschillende manieren bereikt worden. De verschillende gangbare methoden worden in de volgende alinea's beknopt toegelicht en kunnen met elkaar gecombineerd worden:

Extensieve begrazing

Bij extensieve begrazing worden nutriënten opgenomen door grazers. Via mest en urine komen ze dan elders weer vrij. Probleem hiervan is echter dat dit vooral leidt tot herverdeling van nutriënten binnen het gebied en veel minder tot de afvoer van nutriënten. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*), niet of weinig gegeten, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009).

Intensief beheer met maaien en afvoeren

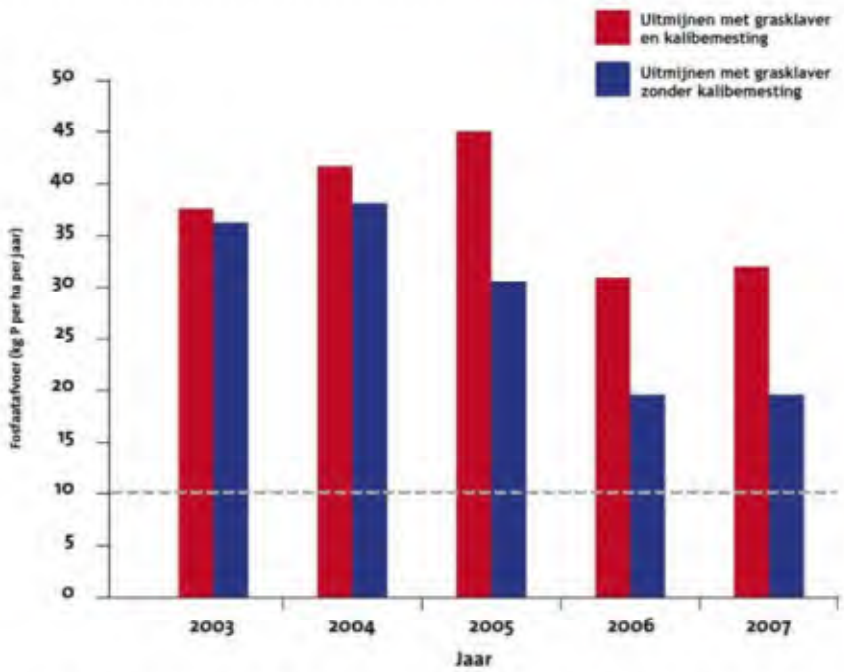
Intensief beheer in de vorm van maaien en afvoeren levert in veel gevallen voldoende resultaat op om de bestaande (gewenste) vegetaties in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal worden afgevoerd, waardoor ze uit het systeem worden onttrokken (Smolders e.a., 2006). Echter, bij landbouwgronden, die intensief zijn bemest, is deze vorm van beheer niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem snel te verlagen. Het kan vele jaren duren, bij sterk bemeste percelen vaak tot 200 jaar, voordat zoveel nutriënten zijn verwijderd dat er sprake is van een voedselarme bodem (Figuur 10, Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005).

De verschralingsduur voor maaien en afvoeren is in deze rapportage berekend op basis van het verschil tussen de actuele totaal-P concentratie en de totaal-P streefconcentratie, uitgaande van

een P-afvoer van 10 kg hectare per jaar (Chardon, 2008). De streefconcentratie voor totaal-P is hierbij niet op een standaardwaarde vastgesteld, maar berekend aan de hand van de streefwaarde voor Olsen-P en de actuele beschikbare P-fractie (Olsen-P/totaal-P-ratio). Stel dat de actuele P-fractie 0,1 is (10% van het totaal-P is beschikbaar P), dan is bij een streefwaarde van 500 µmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ((0,5/10) x 100). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem de actuele P-fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ((0,5/5) x 100). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschralingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschralingsduur 10-20% lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschraling in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschralingsduur eerder hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschralingsduur. Voor uitmijnen kan de verschralingsduur op dezelfde wijze berekend worden, maar dan wordt uitgegaan van een P-afvoer van 40 kg hectare per jaar. Wanneer aanvullend verschralingsbeheer vereist is betekent dit dat er onvoldoende voedselarme condities zijn gecreëerd bij de inrichting. Hierdoor is er een kans op verruiging in de vorm van pitrusontwikkeling onder vochtige tot natte omstandigheden. De verschralingsduur via maaien en afvoeren is 4 keer zo lang als de duur via uitmijnen. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld.

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschraling door middel van een gewas waarvan de productie op peil wordt gehouden door middel van aanvullende bemesting opdat de afvoeren van het doelnutriënt (fosfor) maximaal is. Door middel van het zaaien van grasklaver in combinatie met kalibemesting en een maaibeheer kan fosfaat versneld (40 kg P/ha/jaar: 4x sneller als met maaien en afvoeren) aan de bodem worden onttrokken (Timmermans & van Eekeren, 2012). Klaver houdt met haar stikstofbinding de productie gaande en kalibemesting wordt gebruikt om klaver optimaal te laten groeien. Ook met deze beheersmaatregel duurt het op voormalige landbouwgronden vaak tientallen jaren voordat het gewenste verschralingsniveau is bereikt (van Mullekom e.a., 2013). Het uitmijnen kan versneld worden door het verwijderen van de extreem voedselrijke toplaag.



Figuur 11. Fosfaatafvoer (in kg fosfor per ha per jaar) door uitmijnen met grasklaver (klaver voor het vastleggen van stikstof) en kalibemesting en met grasklaver zonder kalibemesting (start eind 2002). De fosfaatafvoer werd bereikt door het maken van vier tot vijf maaisneden per jaar. Na enkele jaren daalt de afvoer van fosfaat in het deel zonder aanvullende kalibemesting. Stikstof- en kalibronnen zijn nodig voor een hoge fosfaatafvoer. Op de lange termijn is de gemiddelde afvoer bij uitmijnen ongeveer 40 kg fosfor per ha per jaar. Dit komt overeen met circa 90 kg fosforpentoxide (P_2O_5) per ha per jaar. Met jaarlijks eenmalig maaien en afvoeren kan een fosfaatafvoer van ca. 10 kg P per ha per jaar worden bereikt (grijze stippellijn). Bron: Timmermans & van Eekeren (2012; 2016).

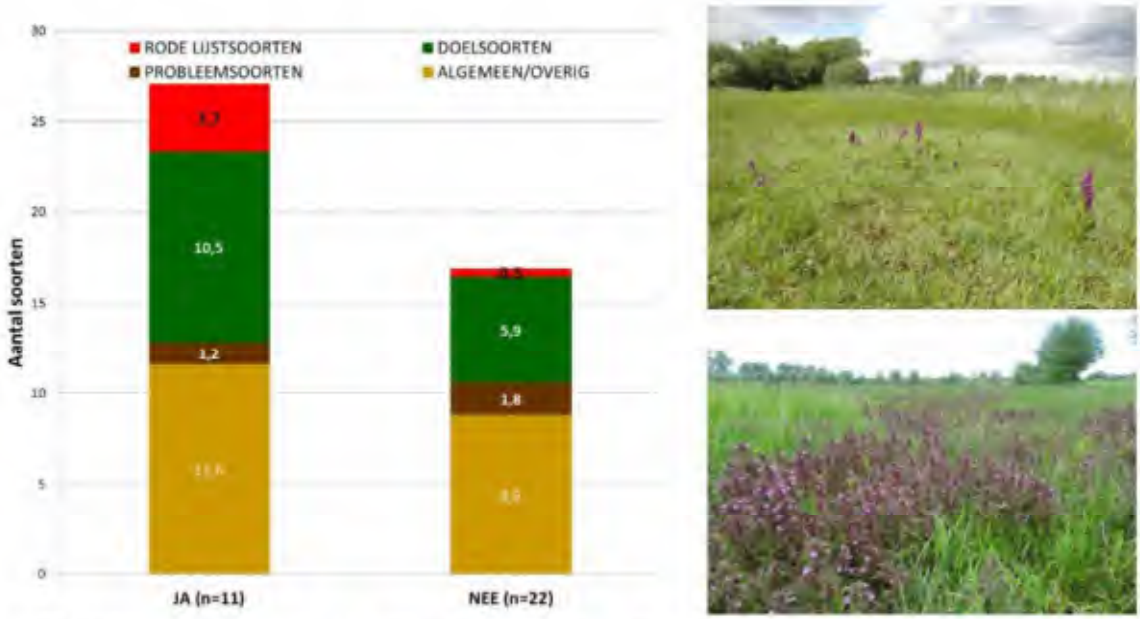
Ontgronden

Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (Smolders e.a., 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het fosfaatfront bepaald worden. Dit komt namelijk niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (Smolders e.a., 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem terecht komen. Door middel van ontgronding kan een snelle verschraling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom e.a., 2007; 2013). Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven echter sterk verstoord (zie o.a. Tsiafouli e.a., 2015; Bobbink e.a., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig, zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgronding van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

6.2.3 Aanvullend advies

Herintroductie

Na het verwijderen van de P-verrijkte toplaag is het vaak nodig om nog een aantal jaren aanvullend verschralingbeheer te plegen door middel van maaien en afvoeren. Begrazen houdt het terrein wel open maar leidt nauwelijks of niet tot een verdere verschraling van het terrein. Nadat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd is er vaak nog geen sprake van de gewenste vegetatieontwikkeling. Met name de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over. Door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat nitraat werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (van Mullekom e.a., 2009; 2013).



Figuur 12. Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015. Op 33 locaties zijn vegetatieopnames gemaakt in gebieden waar door middel van ontgronding (minimaal 4 jaar geleden) voedselarme condities zijn gecreëerd op voormalige landbouwgronden ten behoeve van schraallandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel (11 locaties) en geen (22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgronding, heeft plaatsgevonden. De soorten zijn verdeeld over vier klassen: Rode Lijstsoorten, Doelsoorten, Probleemsoorten en Algemene/overige soorten. Bron: Onderzoekcentrum B-WARE. Rechts: Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalland met onder ander Moeraskartelblad, Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blauwe knoop, Vetblad, Heidekartelblad, Gevlekte orchis, Welriekende nachtorchis, Brede orchis en Moeraswespenorchis door middel van het afgraven van de voedselrijke toplaag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's: 5.1.2e.

Wanneer plagsel (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**) wordt gebruikt voor herintroductie worden tevens mycorrhiza's (schimmels die planten helpen bij de opname van voedingsstoffen op voedselarme gronden) van de doelsoorten en andere essentiële bodem micro-organismen in het gebied geïntroduceerd (Bobbink e.a., 2016). Zonder introductie van doelsoorten is de kans op vestiging van deze soorten te verwaarlozen indien er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska e.a., 2007). Het herintroduceren van doelsoorten (eventueel één of

twee opeenvolgende jaren herhalen zolang de zode nog niet gesloten is) uit zo lokaal mogelijke bronnen (in verband met de genetische diversiteit en de aanpassing aan lokale omstandigheden) leidt onder de juiste bodemchemische en hydrologische omstandigheden tot een succesvol herstel van ontgronde terreinen (Figuur 12).

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel waarbij idealiter 1 m^2 vers verzameld maaisel over 1(-2) m^2 bodem wordt verspreid. Wanneer dit niet mogelijk is, kan het maaisel in een lagere dichtheid of in kleinere over het gebied verspreide zones worden opgebracht. Wanneer vers plagsel of bodemmateriaal (indicatie dichtheid: 1 m^2 verspreiden over 15-25 m^2) uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhiza schimmels) geïntroduceerd.

Het aanbrengen van maaisel of plagsel op een dichte zode is geen geschikte maatregel door het ontbreken van vestigingsplekken. Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.

Opgemerkt dient te worden dat de lokale ontwikkeling van ruigtes op zichzelf niet nadelig is en zelfs kan bijdragen aan de diversiteit van een gebied. Vlinders, sprinkhanen, vogels en kleine zoogdieren kunnen hiervan profiteren.

Literatuur

Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen (2016) Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad Natuur Bos Landschap* maart: 10-13.

Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.

Lamers, L.P.M., E.C.H.E.T. Lucassen, A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2005) Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H_2O* **38** (17): 28-30.

Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs (2009) Verpitrussing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* **110** (1): 43-46.

Mullekom, M. van, A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.

Mullekom, M. van, F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs (2009) Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **6**: 2-7.

Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M. Weijters, H.B.M. Tomassen, R. Bobbink, A.J.P. Smolders (2013) Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* **114**: 120-126.

Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006) De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **3**(4): 5-11.

Smolders, A., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen, & E. Brouwer (2009) Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* **110**: 33-38.

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2012) Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **1**: 12-15.

60265 0054

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2016) Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* **45**: 701-708.

Tsiafouli, M.A., E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C. de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett, M.V. Brady, L. Bjornlund, H.B. Jørgensen, S. Christensen, T. D' Hertefeldt, S. Hotes, W.H.G. Hol, J. Frouz, M. Liiri, S.R. Mortimer, H. Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V. Wolters & K. Hedlund (2015) Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* **21**: 973-985.

60265 0054

www.b-ware.eu

provincie ZUID HOLLAND

ONDERZOEKCENTRUM B ware

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

AANVULLEND BODEMCHEMISCH ONDERZOEK EN TOETSING TOEKOMSTIGE WATERPEILEN ZUIDZIJDERPOLDER EN POLDER ABESSINIË

- Eindrapportage -

Opdrachtgever: Provincie Zuid-Holland • Auteurs: 5.1.2e 5.1.2e & 5.1.2e •
Projectnummer: PR-19.148 • Rapportnummer: RP-19.148.19.100 • Datum: 13 februari 2020

AANVULLEND BODEMCHEMISCH ONDERZOEK EN TOETSING TOEKOMSTIGE WATERPEILEN ZUIDZIJDERPOLDER EN POLDER ABESSINIË

Eindrapportage

5.1.2e
5.1.2e
5.1.2e

ONDERZOEKCENTRUM B ware

Titel rapport:
Aanvullend bodemchemisch onderzoek en toetsing toekomstige waterpeilen Zuidzijderpolder en polder Abessinië, eindrapportage

Auteurs:
5.1.2e, 5.1.2e & 5.1.2e

Rapportnummer: RP-19.148.19.100

Opdrachtgever:
Provincie Zuid-Holland

provincie ZUID HOLLAND

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:
5.1.2e
Tel: 5.1.2e
5.1.2e @b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2020.

INHOUDSOPGAVE

1. Aanleiding en doel van het onderzoek 1

1.1 Aanleiding 1

1.2 Toelichting aanvullend bodemchemisch onderzoek 2

1.3 Toelichting toetsing waterpeilen en plagdiepten 4

1.4 Leeswijzer 4

2. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden 5

2.1 Inleiding 5

2.2 Belang fosfaatlimitatie en streefconcentraties 6

2.3 Streefconcentraties voor fosfaat 6

2.4 Verschralingsmaatregelen 7

2.5 Aanvullende (beheer)maatregelen 9

3. Veldwerkzaamheden en analyses 11

3.1 Veldwerkzaamheden 11

3.2 Analyses 13

4. Resultaten aanvullend bodemchemisch onderzoek 15

4.1 Bodemopbouw en algemene bodemchemie 15

4.2 Potenties voor natuurontwikkeling 19

5. Toetsing waterpeilen en plagdiepten 29

5.1 Inleiding 29

5.2 Toekomstige waterpeilen polder Westveen 29

5.3 Voorgestelde plagdiepten in relatie tot waterpeilen 35

5.4 Waterkwaliteit sloten 39

5.5 Aanvullende inrichtingsmaatregelen 44

6. Conclusies 47

6.1 Conclusies 47

6.2 Aanbevelingen 47

7. Literatuur 49

8. Bijlagen 51

1. AANLEIDING EN DOEL VAN HET ONDERZOEK

1.1 Aanleiding

Het programmabureau Veenweiden Gouwe Wiericke werkt aan natuurontwikkeling in de natuurverbinding Zuidzijderpolder en polder Abessinië. De polders liggen ten noordoosten van de Reeuwijkse plassen en worden van elkaar gescheiden door de A12 (Figuur 1.1). Eén van de doelen in het gebied is het realiseren van het natuurbeheertype Vochtig hooiland (Figuur 1.2). Om te onderzoeken vanaf welke diepte de bodem geschikt is voor de ontwikkeling van dit natuurbeheertype, is er in 2015 door Royal HaskoningDHV een bodemonderzoek uitgevoerd (van den Broek & Groenendijk, 2015). Tijdens het gebiedsproces is gebleken dat er op een aantal percelen aanvullend onderzoek gewenst is.

Het aanvullende onderzoek bestaat uit twee onderdelen:

- Het uitvoeren van aanvullend bodemonderzoek om te bepalen hoeveel P-rijke grond er afgegraven moet worden voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland en hoeveel risico er is op nalevering van nutriënten bij het enkel afgraven van de bovenste 20 cm van de bodem.
- Het toetsen van de door RPS in het schetsontwerp voorgestelde peilen (van Buuren e.a. 2019) in combinatie met de voorgestelde plagdiepte ten behoeve van de ontwikkeling van Vochtig hooiland.

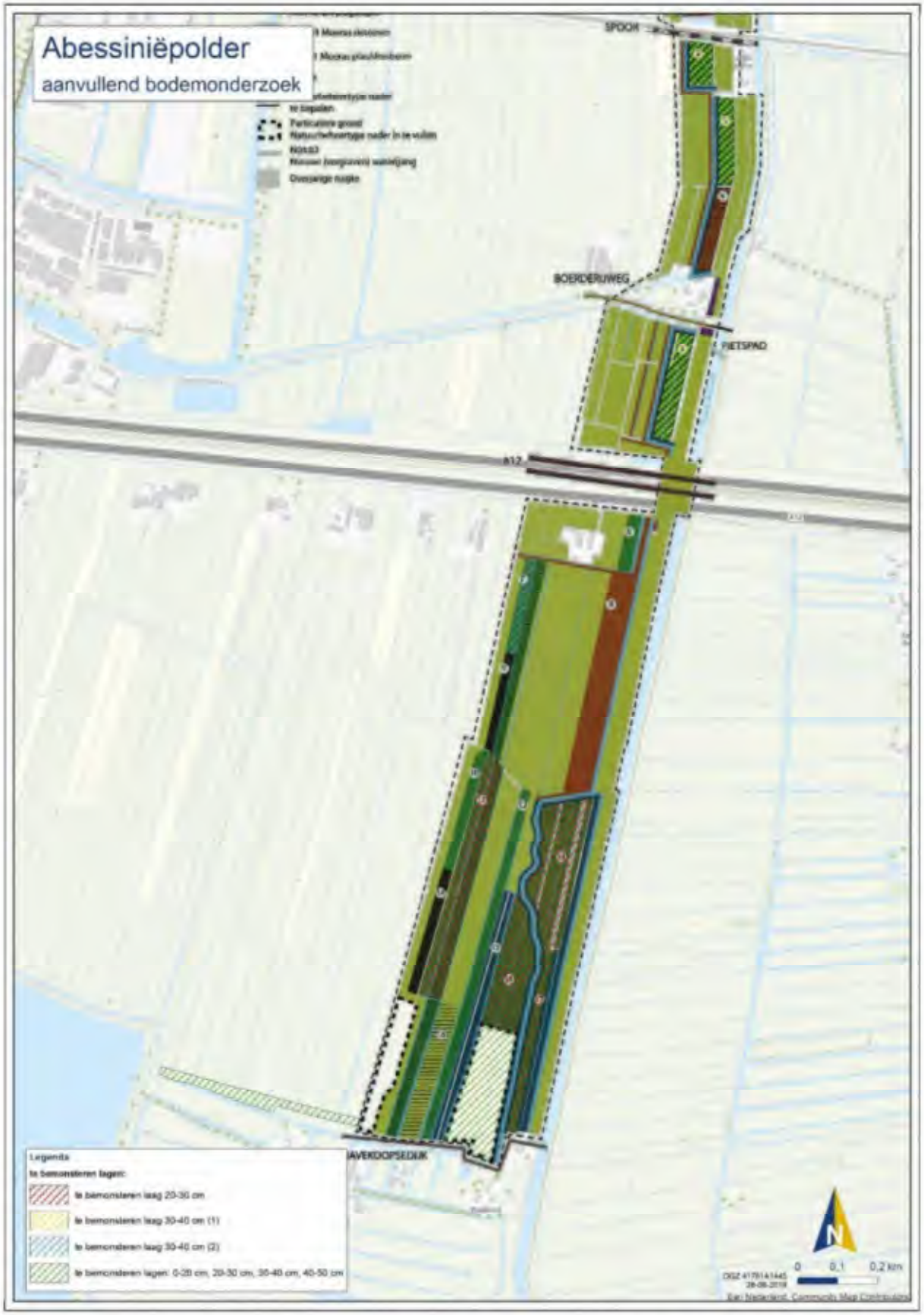
Figuur 1.1. Begrenzing van het projectgebied in de Zuidzijderpolder en polder Abessinië. Het gebied ten noorden van de A12 is de Zuidzijderpolder en ten zuiden van de A12 ligt polder Abessinië.

Figuur 1.2. In de Zuidzijderpolder en polder Abessinië wordt gestreefd naar de ontwikkeling van botanisch grasland, zoals nat schraalland (links) en vochtig hooiland (rechts).

1.2 Toelichting aanvullend bodemchemisch onderzoek

Bij het eerder uitgevoerde bodemonderzoek werd de fosfaatbelasting van de volgende bodemlagen bepaald: 0-20, 20-40 en 40-60 cm-mv (van den Broek & Groenendijk, 2015). Uit het onderzoek bleek dat de toplaag van de bodem (0-20 cm) op alle onderzochte locaties (28 mengmonsters afkomstig van 111 locaties zijn geanalyseerd) te rijk is voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland. De bodemlaag op 20-40 cm-mv is vrijwel overal geschikt voor ontwikkeling van Vochtig hooiland, maar het is door de wijze van bemonstering niet duidelijk in hoeverre de bodemlaag op 20-30 cm-mv ook al voldoende P-arm is. Daarom is voor een aantal percelen een aanvullend bodemonderzoek uitgevoerd, waarbij vier verschillende situaties worden onderscheiden (Figuur 1.3):

- Rood: voor deze percelen is een plagdiepte van 20 cm voorgesteld. De fosfaatbeschikbaarheid van de bodemlaag op 20-30 cm is niet bekend en is aanvullend bepaald.
- Geel: voor deze percelen is een plagdiepte van 30 cm voorgesteld. Uit het eerder uitgevoerde bodemonderzoek blijkt dat op een aantal locaties de bodemlaag van 20-40 cm voldoende schraal is voor Vochtig hooiland, maar op andere locaties niet. De fosfaatbeschikbaarheid van de bodemlaag op 30-40 cm is niet bekend en is aanvullend bepaald.
- Blauw: voor dit perceel is een plagdiepte van 30 cm voorgesteld. De bodemlaag van 20-40 cm-mv is voldoende schraal voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland. Aangezien alleen de oeverzone is bemonsterd en twee potentiële beheerders geïnteresseerd zijn in het beheer van dit perceel, is de bodemlaag van 30-40 cm-mv aanvullend geanalyseerd.
- Groen: deze percelen zijn nog niet onderzocht en zijn volledig geanalyseerd op 0-20, 20-30 cm, 30-40 cm en 40-50 cm-mv. Deze percelen zijn de afgelopen jaren in gebruikt geweest als maisakker.



Figuur 1.3. Kaart met de aanvullend te onderzoeken percelen (gearceerd) in de Zuidzijderpolder en polder Abessinië. In het schetsontwerp zijn de percelen waar het doel de ontwikkeling van Vochtig hooiland aangegeven in donkergroen. Bron: provincie Zuid-Holland.

1.3 Toelichting toetsing waterpeilen en plagdiepten

Op basis van het eerder uitgevoerde bodemonderzoek zijn door RPS in het schetsontwerp waterpeilen in combinatie met plagdiepten voorgesteld (van Buuren e.a., 2019). De vraag is of de toekomstige (zomer en winter) drooglegging optimaal is voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland. Bij het peilbeheer moet rekening gehouden worden dat de hooilanden bij te lange inundatie niet goed beheerbaar (te nat) zijn en er zich te veel ganzen vestigen bij te hoge winterpeilen. Aan de andere kant zijn hogere waterstanden in de winter voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland wel noodzakelijk. Hier is bij de keuze van de peilen en de plagdiepten in het ontwerp van RPS een afweging in gemaakt en deze afweging moet getoetst worden.

Deze toetsing wordt gemaakt voor alle percelen waar Vochtig hooiland is voorzien. Per nummer (1 t/m 18 in Figuur 1.3, waarbij perceel 1 ten noorden van het spoor ligt en niet is weergegeven op de kaart) wordt de toekomstige drooglegging bekeken, waarbij eveneens wordt aangeven of het advies is om de plagdiepte aan te passen. De zomerpeilen mogen niet lager worden dan voorgesteld om bodemdaling (op de niet te vergraven delen) te voorkomen.

Hierbij worden de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

- Is de voorgestelde toekomstige drooglegging optimaal voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland?
- Op welke percelen zou eventueel meer of minder afgegraven mogen worden, uitgaande van de voorgestelde waterpeilen?

1.4 Leeswijzer

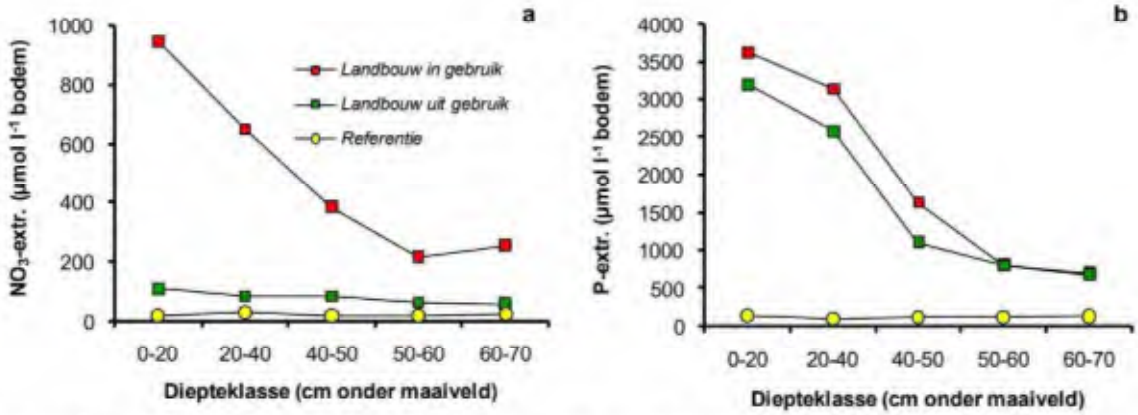
In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden en in hoofdstuk 3 worden de toepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het aanvullende bodemchemische onderzoek gepresenteerd en omvat naast een beschrijving van de algemene bodemchemie, een overzicht van de potenties voor Vochtig hooiland en welke (inrichtings)maatregelen per locatie daarvoor nodig zijn. In hoofdstuk 5 worden de in het schetsontwerp voorgestelde waterpeilen en plagdiepten getoetst. In Hoofdstuk 6 worden de belangrijkste conclusies van het onderzoek beschreven, gevolgd door een overzicht van de gebruikte literatuur in Hoofdstuk 7. De profielbeschrijvingen zijn opgenomen in Bijlage 1.

2. NATUURONTWIKKELING OP VOORMALIGE LANDBOUWGRONDEN

2.1 Inleiding

Als gevolg van het zeer intensieve gebruik van het agrarisch gebied in Nederland levert de omvorming van voormalige landbouwgronden tot voedselarme (natte) natuurgebieden vaak problemen op. Voor naar de ontwikkeling van natuurbeheertypen als nat schraalland (N10.01) of vochtig hooiland (N10.02) is een (matig) voedselarm milieu vereist. Wanneer er in de bodem een overmaat is aan alle voedingstoffen gaan enkele snelgroeiende soorten (Gestreepte witbol, Gewoon struisgras, Akkerdistel, Witte klaver of Engels raaigras) overheersen en ontstaat een ruigtevegetatie. In vochtige tot natte fosfaatrijke terreindelen treedt vaak massale groei van Pitrus of algenbloei op (Figuur 2.1).

Figuur 2.1. Pitrusontwikkeling en verruiging op (natte) voormalige landbouwgronden na het onvoldoende reduceren van de fosfaatvoorraad in de bodem. Foto's: 5.1.2e en 5.1.2e



Figuur 2.2. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de bodem niet meer in landbouwkundig gebruik is doordat het uitspoelt naar het grondwater of wordt gedenitrificeerd. Het sterk in de bodem gebonden (immobiele) fosfaat verdwijnt echter niet op een natuurlijke wijze uit de bodem. Bron: Lamers e.a. (2009).

60266 0055

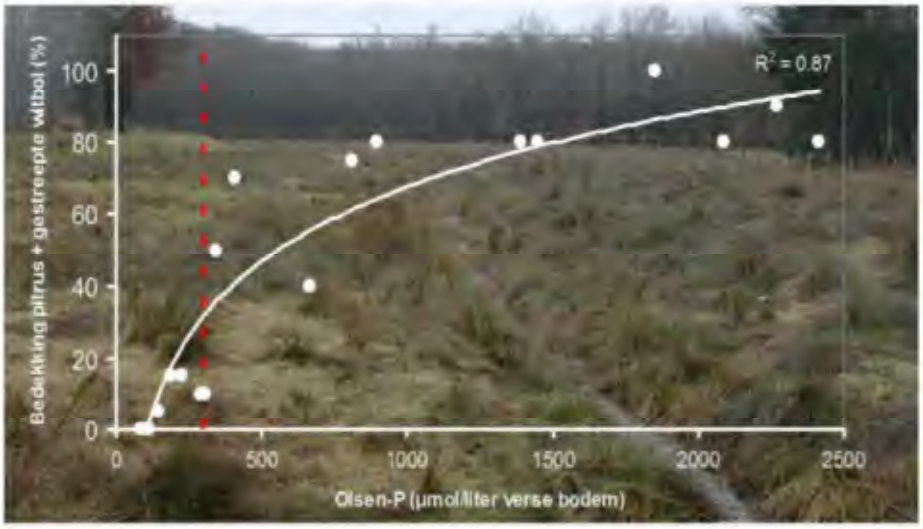
2.2 Belang fosfaatlimitatie en streefconcentraties

De kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de beschikbaarheid van nutriënten als fosfor (P) en stikstof (N). Stikstoflimitatie is moeilijk te bereiken vanwege de hoge stikstofdepositie in Nederland en ook omdat onder relatief stikstofarme omstandigheden stikstofbindende soorten zich sterk uitbreiden. Het is daarom van belang om te sturen op fosforlimitatie.

Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Figuur 2.2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006). Fosfor daarentegen wordt sterk in de bodem gebonden en de fosforbeschikbaarheid neemt na beëindiging van het agrarische gebruik niet sterk af (Figuur 2.2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Het is daarom van belang om met maatregelen de beschikbaarheid van fosfor in de bodem te reduceren (zie paragraaf 2.4).

2.3 Streefconcentraties voor fosfaat

Een bruikbare streefconcentratie voor P-gelimiteerde bodems is een Olsen-P-concentratie (de voor planten beschikbare hoeveelheid fosfaat) van 200-350 µmol P per liter verse bodem (Figuur 2.3). Deze concentraties worden over het algemeen gemeten in soortenrijke vegetatietypen van voedselarme gronden. De Olsen-P-concentraties in de toplaag van landbouwgronden liggen meestal echter ver boven de vereiste niveaus (Figuur 2.2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a. 2006; van Mullekom e.a. 2013). Daarnaast zijn de totaal-P-concentraties van de bodems van belang. Uit de totale fosfaatvoorraad kan door bodemprocessen weer P vrijkomen in de plantbeschikbare P-fractie. IJzerrijke bodems en kleibodems zijn van nature vaak relatief rijk aan totaal-P. Dergelijke bodems binden namelijk zeer goed fosfaat. Aangezien het fosfaat ook voor een groot deel wordt geïmmobiliseerd, kan op dit soort bodems de P-beschikbaarheid toch relatief laag blijven. Wel zullen dan veelal wat minder schrale graslandtypen kunnen worden ontwikkeld, zoals Dotterbloemhooilanden, Glanshaverhooilanden en Kamgrasweiden. Voor dit soort vegetatietype kan een Olsen-P-streefconcentratie worden gehanteerd van 500-800 µmol per liter verse bodem.



Figuur 2.3. Relatie tussen de concentratie Olsen-P in de bodem en de bedekking van ruigtesoorten Pitrus en Gestreepte witbol (van Mullekom e.a., 2009).

Wanneer de vereiste inrichtingsmaatregelen te ingrijpend of niet te realiseren zijn kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland. 'Kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er eigenlijk geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. In dit onderzoek wordt gerekend met een indicatieve Olsen-P-streefconcentratie van circa (1200-)1500 µmol/l verse bodem. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de labiele P-fractie voldoende laag is (P-z < 1 µmol/l bodem). Uit recent onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P-concentratie relatief laag is (Scherpenisse e.a., 2016).

2.4 Verschralingsmaatregelen

Zoals beschreven in paragraaf 2.2 is het voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen van belang om op voormalige landbouwgronden fosfaatgelimiteerde omstandigheden te creëren. In deze paragraaf wordt dan ook specifiek verschralingsmaatregelen gericht op fosfaat beschreven.

Ontgronden

Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (Smolders e.a., 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het fosfaatfront bepaald worden (Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; van Mullekom e.a., 2013). Deze diepte komt namelijk niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (Smolders e.a., 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem terecht komen. Door middel van ontgronding kan een snelle verschraling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom e.a., 2007; 2013).

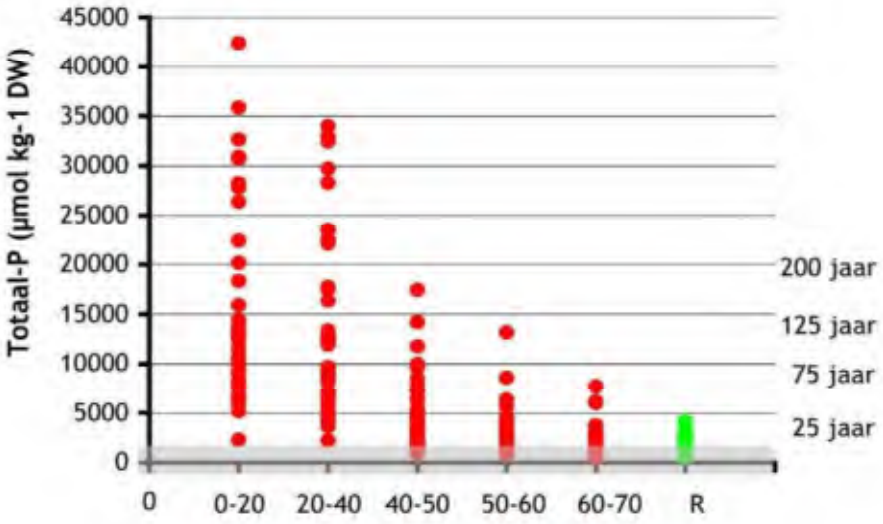
Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven vaak sterk verstoord (zie o.a. Tsiafouli e.a., 2015; Bobbink e.a., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig (zie paragraaf 2.5), zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgronding van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders e.a., 2006). In de bodem zorgen geoxideerde ijzerverbindingen (ijzer(hydr)oxiden; roest) in belangrijke mate voor de vastlegging van fosfaat. Onder natte condities kan er geen zuurstof meer in de bodem doordringen waardoor geoxideerde ijzerverbindingen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen. Dit wordt versterkt onder sulfaatrijke omstandigheden. Het is in deze situaties van belang dat voldoende doorstroming plaatsvindt. Afvoer vindt, indien mogelijk, bij voorkeur plaats via het bestaande reliëf. Daarnaast is het van belang om een natuurlijk peilbeheer te hanteren met wisselende waterstanden. Droogval van de toplaag in de zomermaanden is vaak essentieel voor de immobilisatie van fosfaat, de oxidatie van onder andere ammonium en sulfiden, en de vegetatieontwikkeling. Het vrijkomen van fosfaat gaat onder natte omstandigheden sneller bij hoge (zomer)temperaturen dan bij lagere (winter)temperaturen.

60266 0055

Begrazing

Bij extensieve begrazing wordt het fosfaat opgenomen door grazers, waarbij via mest en urine het fosfaat dan elders weer (gedeeltelijk) vrijkomt. De afvoer van fosfaat is, afhankelijk van de begrazingsvorm en het soort grazer, vaak relatief beperkt en leidt vooral tot een herverdeling van het fosfaat binnen het gebied. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*) bij voorkeur niet gegeten en door betreding ontstaan bovendien open plekken in de vegetatie waar Pitrus goed kan kiemen, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009).

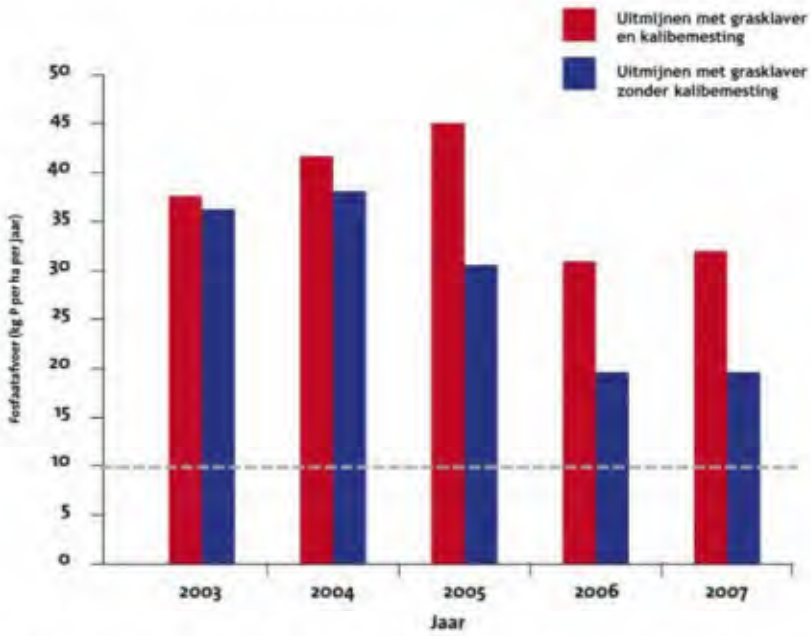


Figuur 2.4. Totaal-P concentraties in verschillende voormalige landbouwgronden (rood) en referentiegebieden (R, groen). Op de X-as wordt de diepte in cm weergegeven waarop de monsters zijn genomen. Het grijze gebied geeft de streefwaarde van 2500 µmol totaal-P per kilogram droge bodem. Rechts wordt het aantal jaren gegeven dat nodig is om de totaal-P waarden te laten dalen tot deze referentiewaarde door middel van maaien en afvoeren, aannemende dat er 10 kg P per hectare per jaar kan worden afgevoerd. Bron: Smolders e.a. (2006).

Maaien en afvoeren

Jaarlijks maaien en afvoeren levert is een reguliere maatregel om bestaande vegetatietypen in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal, waaronder fosfaat, worden hierbij afgevoerd en dus uit het systeem onttrokken (Smolders e.a., 2006). Met maaien en afvoeren kan ca. 10 kg P/ha/jaar verwijderd worden. Bij landbouwgronden die intensief zijn bemest, is deze vorm van beheer echter niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem op korte termijn te verlagen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd). Het kan vele jaren duren, bij sterk bemeste percelen vaak tot 200 jaar, voordat zoveel fosfaat is verwijderd dat er sprake is van een P-gelimiteerde bodem (Figuur 2.4, Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005). Verder is een mogelijk nadeel van maaien en afvoeren (en ook uitmijnen) dat doorgaans slechts de bovenste 25(-30) cm van de bodem wordt verschraald. Dit kan problemen opleveren in grondwatergevoede systemen met een relatief dikke (>40 cm) voedselrijke bouwvoor, waarbij fosfaat vanuit de diepere P-rijke bodem via het grondwater de toplaag van de bodem kan bereiken.

60266 0055



Figuur 2.5. Fosfaatafvoer (in kg fosfor per ha per jaar) door uitmijnen met grasklaver (klaver voor het vastleggen van stikstof) en kalibemesting en met grasklaver zonder kalibemesting (start eind 2002). De fosfaatafvoer werd bereikt door het maken van vier tot vijf maaisneden per jaar. Na enkele jaren daalt de afvoer van fosfaat in het deel zonder aanvullende kalibemesting. Stikstof- en kalibronnen zijn nodig voor een hoge fosfaatafvoer. Op de lange termijn is de gemiddelde afvoer bij uitmijnen ongeveer 40 kg fosfor per ha per jaar. Dit komt overeen met circa 90 kg fosforpentoxide (P_2O_5) per ha per jaar. Met jaarlijks eenmalig maaien en afvoeren kan een fosfaatafvoer van ca. 10 kg P per ha per jaar worden bereikt (grijze stippellijn). Bron: Timmermans & van Eekeren (2012; 2016).

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschraling door middel van een gewas waarvan de productie op peil wordt gehouden door middel van aanvullende bemesting opdat de afvoeren van het doelnutriënt (fosfor) maximaal is. Door middel van het zaaien van grasklaver in combinatie met kalibemesting en een maaibeheer kan fosfaat versneld (40 kg P/ha/jaar: 4 keer sneller dan met maaien en afvoeren) aan de bodem worden onttrokken (Timmermans & van Eekeren, 2012). Klaver houdt met haar stikstofbinding de productie gaande en kalibemesting wordt gebruikt om klaver optimaal te laten groeien. Ook met deze verschralingsmaatregel kan het op voormalige landbouwgronden tientallen jaren duren voordat het gewenste verschralingsniveau is bereikt (van Mullekom e.a., 2013).

2.5 Aanvullende (beheer)maatregelen

Op het moment dat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd, is er vaak nog geen sprake van een gewenste vegetatieontwikkeling. Met name de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over (Bekker e.a., 1997). Door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat nitraat werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (van Mullekom e.a., 2009; 2013).

60266 0055

Wanneer plagsel wordt gebruikt voor herintroductie worden tevens mycorrhiza's (schimmels die planten helpen bij de opname van voedingsstoffen op voedselarme gronden) van de doelsoorten en andere essentiële bodem micro-organismen in het gebied geïntroduceerd (Bobbink e.a., 2016). Zonder introductie van doelsoorten is de kans op vestiging van deze soorten te verwaarlozen indien er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska e.a., 2007).

Uiteraard is het voor het realiseren van een gewenst natuurdoeltype niet alleen van belang dat de bodemchemie geschikt is maar tevens dat de hydrologie van het systeem op orde is. Met name in grondwaterafhankelijke systemen (bijv. nat schraalland en dotterbloemhooiland) zullen veelal aanvullende hydrologische maatregelen nodig zijn. Deze maatregelen moeten vaak in de omgeving genomen worden omdat grondwaterafhankelijke systemen vaak gevoed worden door grondwater dat inzijgt op aanzienlijke afstand. Een bijkomend voordeel van verschralen via ontgronden is dat door verlaging van het maaiveld de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld stijgen, waardoor waarschijnlijk minder ingrijpende hydrologische maatregelen in de omgeving noodzakelijk zijn.

60266 0055

3. VELDWERKZAAMHEDEN EN ANALYSES

3.1 Veldwerkzaamheden

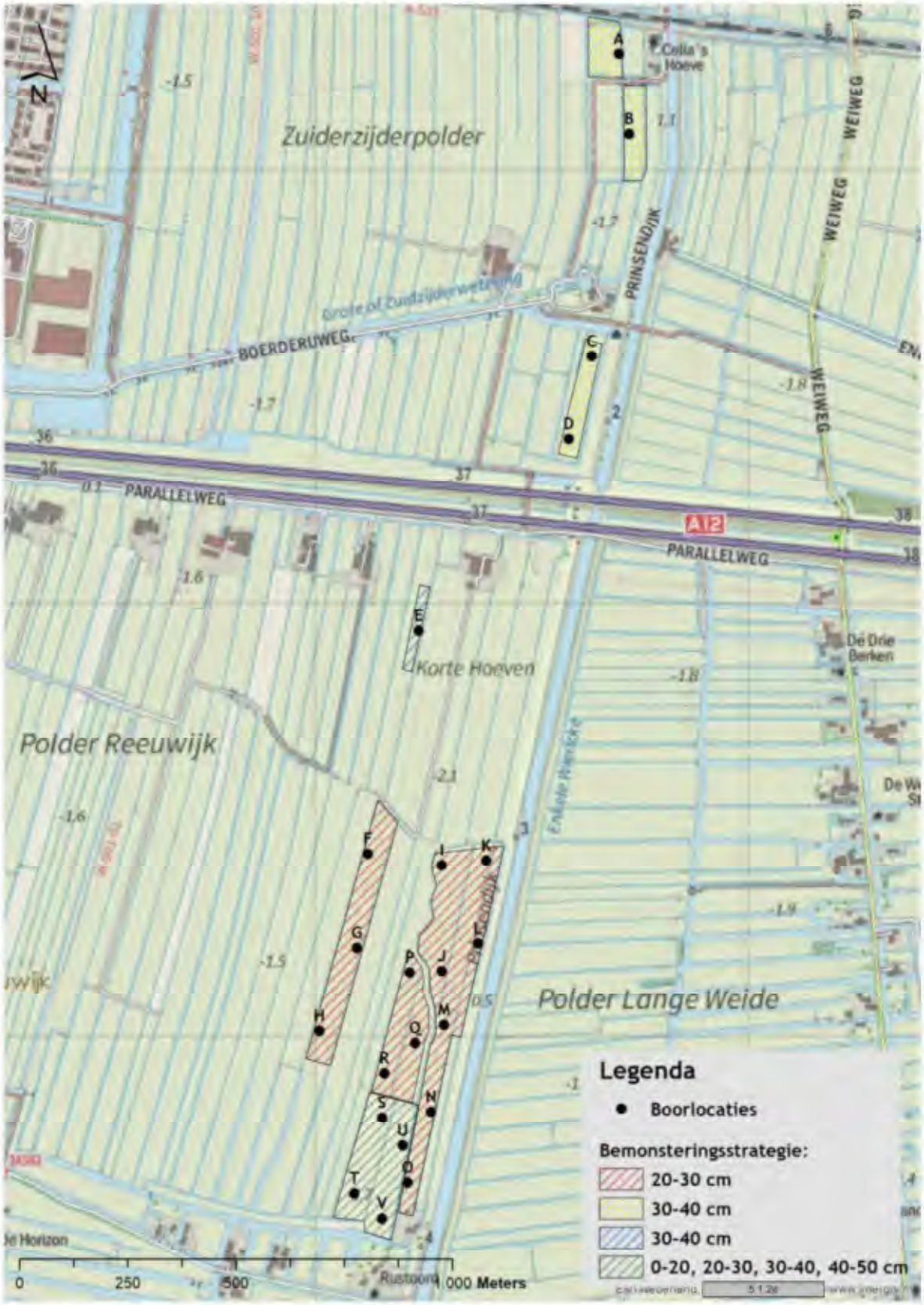
In overleg met de opdrachtgever werden 22 monsterlocaties (gecodeerd van A t/m V; Figuur 3.1) geselecteerd. Op 30 september, 1 en 24 oktober 2019 werden door boormeester 5.1.2e van Het Veldwerkbureau op deze locaties bodemmonsters verzameld (Figuur 3.2). De volgende bemonsteringsstrategie werd daarbij gehanteerd:

- Rode, gele en blauwe percelen (18 locaties): 20-30, 30-40 en 40-50 cm-mv;
- Groene percelen (4 locaties): 0-20, 20-30, 30-40 en 40-50 cm-mv.

De bodemprofielen werden beschreven conform NEN5104 tot 150 cm-mv (Bijlage 1). Hierbij werden ook de (algemene) bodemhorizonten beschreven en de actuele grondwaterstand, GLG en GHG (indien waarneembaar in het profiel) genoteerd (Tabel 3.1).

Tabel 3.1. Overzicht van de coördinaten en grondwaterstanden op de monsterlocaties (locatie A t/m V) waarbij GWS = actuele grondwaterstand op 30 september, 1 of 24 oktober 2019, GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand en GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand (beiden afgeleid uit bodemprofiel in cm-mv). Grondgebruik: WE = weiland, en AK = akker.

Locatie	Bemonsteringsdatum	X	Y	Grondgebruik	GWS	GLG	GHG
A	1-10-2019	113701	454268	WE	40	75	20
B	1-10-2019	113725	454083	WE	45	60	20
C	1-10-2019	113638	453570	WE	50	65	20
D	1-10-2019	113585	453379	WE	40	60	15
E	1-10-2019	113239	452936	WE	40	60	10
F	30-9-2019	113122	452423	WE	20	55	10
G	30-9-2019	113096	452205	WE	30	50	10
H	30-9-2019	113010	452012	WE	50	70	20
I	30-9-2019	113292	452396	WE	60	80	20
J	30-9-2019	113292	452151	WE	50	70	20
K	30-9-2019	113395	452407	WE	30	60	10
L	30-9-2019	113376	452215	WE	40	70	10
M	30-9-2019	113297	452026	WE	30	60	10
N	30-9-2019	113267	451826	WE	35	60	10
O	30-9-2019	113213	451662	WE	20	60	10
P	30-9-2019	113218	452147	WE	55	65	20
Q	30-9-2019	113230	451984	WE	35	65	10
R	30-9-2019	113159	451915	WE	60	80	20
S	24-10-2019	113154	451812	AK	20	80	10
T	24-10-2019	113090	451637	AK	30	75	10
U	24-10-2019	113202	451748	AK	10	60	0
V	24-10-2019	113154	451579	AK	20	90	0



Figuur 3.1. Overzicht van de ligging van de monsterlocaties in de Zuidzijderpolder (locatie A t/m D) en polder Abessinië (locatie E t/m V).

Figuur 3.2. Enkele foto's van het onderzoeksgebied ter hoogte van locatie B (links) en locatie T (rechts). Foto's: Het Veldwerkbureau, 5.1.2e.

3.2 Analyses

De volgende analyses werden uitgevoerd op het laboratorium van Onderzoekcentrum B-WARE:

Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid

Het vochtpercentage van het verse bodemmonster werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 48 uur bij 60°C. Omdat de bakjes precies tot aan de rand werden afgevuld (volume = 40,5 ml) konden later ook de concentraties worden omgerekend naar mmol per liter bodemvolume. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmonster, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Plantenbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen e.a.,1954) bepaald. Het principe van deze extractiemethode is dat natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) zorgt voor een daling van de concentratie opgeloste calciumionen via de vorming van onoplosbaar calciumcarbonaat ($CaCO_3$). Hierdoor stijgt de concentratie opgelost fosfaat. Natriumbicarbonaat brengt ook de labiele, voor planten snel beschikbare, proportie van de organische fractie in oplossing en wordt fosfaat dat geadsorbeerd is aan ijzer(hydr)oxides verdrongen. Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droge bodem 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4°C bewaard tot verdere analyse. De Olsen-P-concentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmonster werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2, 30%) toegevoegd en

60266 0055

geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milli Q water. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4°C bewaard voor verdere analyse. Concentraties van elementen werden berekend in mmol per liter bodem.

Zoutextractie (NaCl-extractie)

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden ionen verdrongen door natrium en chloride. Met deze extractie kan onder andere de pH, ammonium- en nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden. Daarnaast kan op basis van de aluminium/calcium-ratio een goede inschatting gemaakt worden van de buffercapaciteit van de bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol l^{-1} natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 120 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het supernatant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. De elementenconcentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) in oppervlaktewater, bodemvocht en bodemextracten werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP; ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl^-) werd colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

4. RESULTATEN AANVULLEND BODEMCHEMISCH ONDERZOEK

4.1 Bodemopbouw en algemene bodemchemie

Bodemopbouw

De bodemkaart geeft aan dat in het onderzoeksgebied liedeerdgronden (klei op veen; locatie A en B), weideveengronden op bosveen (veengrond met dun kleidek; locatie C t/m F, I, J, M en P) en koopveengronden op bosveen (toplaag venige klei/kleiig veen; locatie G, H, K, L, N, O en Q t/m V) voorkomen (Figuur 4.1).

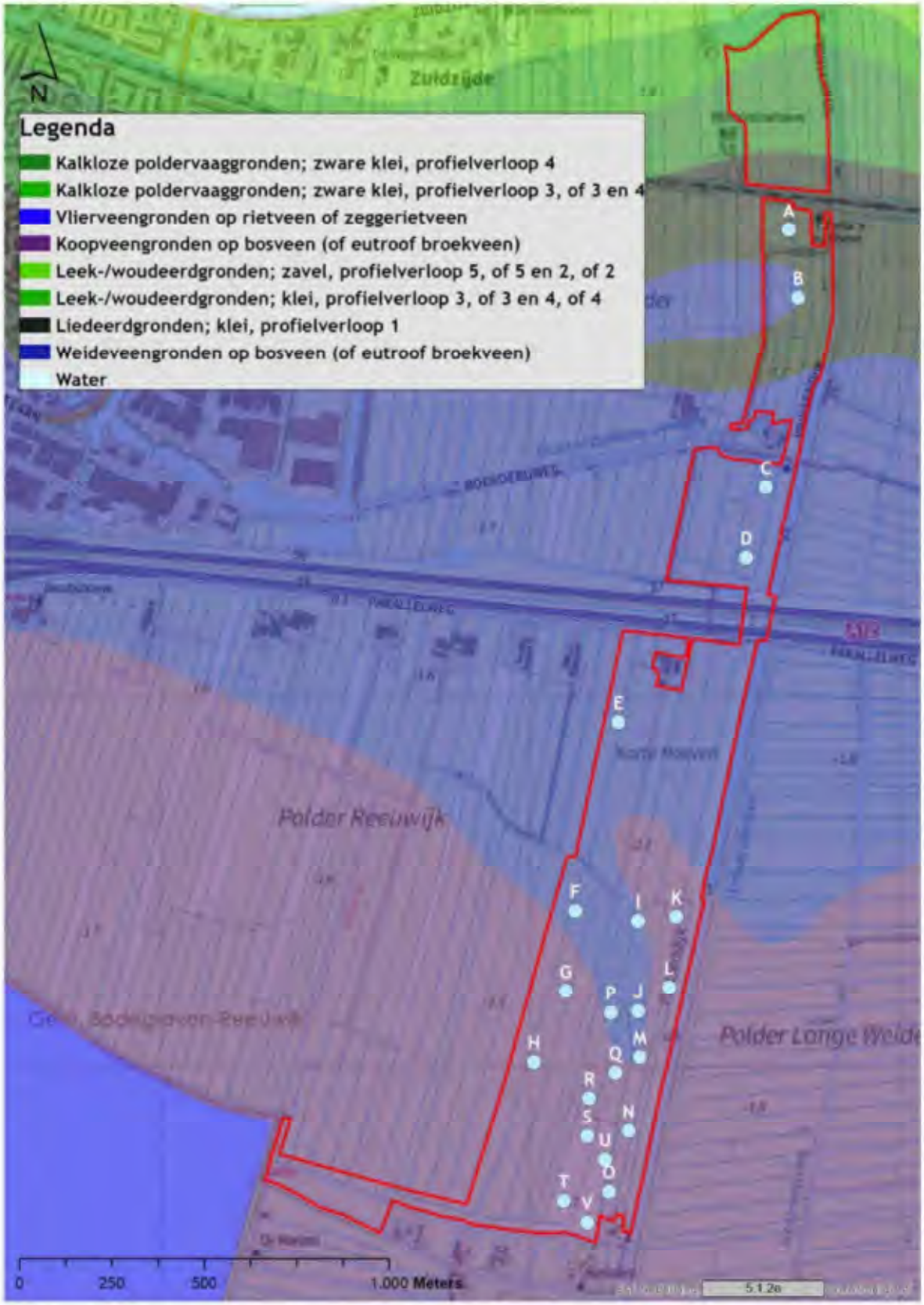
Op alle bemonsterde locaties is het bodemprofiel beschreven tot op 150 cm-mv (Bijlage 1). In de bodemprofielen zijn de verschillende bodemtypen minder duidelijk zichtbaar omdat het onderscheid tussen venige klei, kleiig veen en veen in het veld, mede door de mate van veraardheid van het veen, niet altijd goed te maken is (zie ook volgende paragraaf). In de Zuidzijderpolder (locatie A t/m D) is een matig tot sterk humeuze kleiige toplaag aanwezig, variërend in dikte van 30-40 cm (Bijlage 1), op sterk kleiig veen. In polder Abessinië is op een groot aantal locaties geen kleiige toplaag aanwezig en bestaat de bodem tot op 150 cm diepte uit in meer of mindere mate veraard (bos)veen (locatie F, G, I, L, M, Q, R en U; Bijlage 1). Op locatie E, J en K is wel een kleiige toplaag op veen aanwezig (Bijlage 1). Op locatie H, O, S en T is een meer kleiige veenlaag op matig humeuze klei aanwezig. Op locatie N is een veenpakket van 110 cm op klei aangetroffen, op locatie P een kleibodem met op 30-65 cm diepte een veraard veenpakket en op locatie V een kleibodem met op 20-55 cm diepte een veraard veenpakket (Bijlage 1).

De GLG, de gemiddeld laagste grondwaterstand, bedraagt (op basis van het bodemprofiel) circa 50-90 cm-mv (gemiddeld 67 cm-mv). De GHG, de gemiddeld hoogste grondwaterstand, is overwegend 0-20 cm-mv (gemiddeld 13 cm-mv). Deze inschattingen op basis van de morfologische kenmerken van de bodem kunnen afwijken van de actuele peilvariatie.

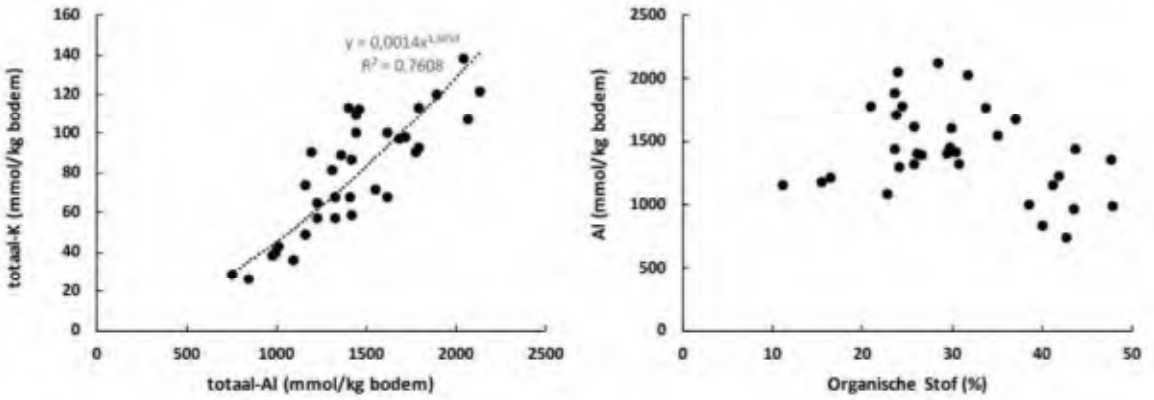
Bodemtypering

Het onderscheid tussen venige klei, kleiig veen en veen is in het veld, mede door de mate van veraardheid van het veen, niet altijd goed te maken. Doordat enkele karakteristieke bodemchemische parameters onderscheidend zijn, wordt dit ondervangen. Dat de geanalyseerde bodems overwegend kleiig zijn blijkt uit het feit dat de totaal-aluminiumconcentratie van de bodems gecorreleerd is met de totaal-kaliumconcentratie (Figuur 4.2). In lutumdeeltjes komen aluminium en kalium in een vaste verhouding voor, waardoor deze correlatie wordt verklaard. Veenbodems met een hoog organisch stofgehalte (>50%) zijn niet geanalyseerd, maar in Figuur 4.2 is een trend te zien dat het organisch stofgehalte negatief gecorreleerd is met de aluminiumconcentratie. De aluminiumconcentratie blijkt daarmee een goede indicatieve parameter voor de kleiigheid van de bodems te zijn.

60266 0055



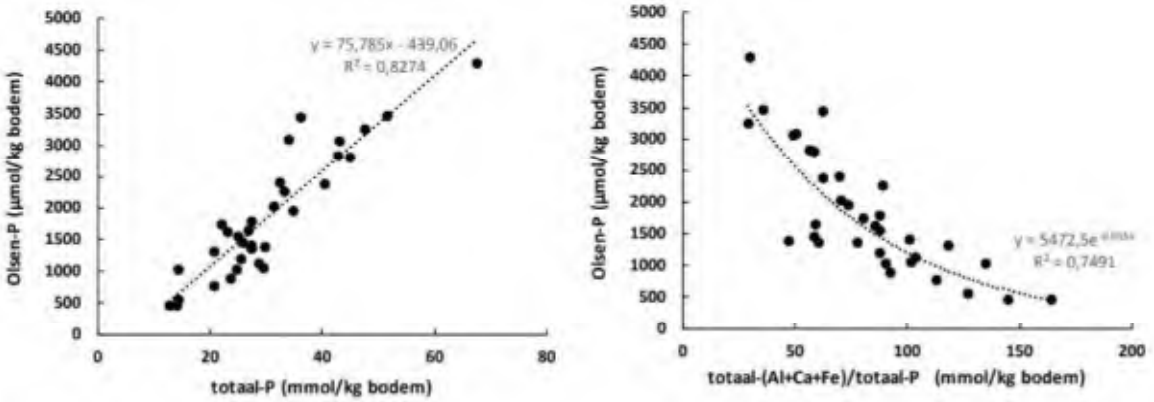
Figuur 4.1. Bodemkaart van de Zuidzijderpolder en polder Abessinië met de locaties van het aanvullende bodemonderzoek (locatie A t/m V). Bron: provincie Zuid-Holland.



Figuur 4.2. Correlaties tussen de totaal-Al en totaal-K-concentratie van de bodems (links) en tussen het percentage organische stof en de totaal-Al concentratie van de bodems (rechts).

Fosfaatbeschikbaarheid

De voor planten beschikbare fosfaatconcentratie (Olsen-P) correleert sterk met de totale fosforvoorraad (totaal-P) in de bodem (Figuur 4.3). De Olsen-P-concentratie wordt niet alleen bepaald door de totaal-P-concentratie van de bodem, maar ook door de mate van binding in de bodem aan ijzer, calcium of aluminium. Fosfor wordt in bodems zeer effectief geïmmobiliseerd door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $Fe_3(PO4)_2$ (onder anaerobe condities) en $FePO_4$ onder aerobe condities. Voor de P-immobiliserende werking van calcium is de vorming van relatief slecht oplosbare calciumfosfaat complexen verantwoordelijk. Dit calcium gebonden-P komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook klei (aluminium is indicatief voor het lutumpercentage) is een sterke P-binder. De calcium-, aluminium- en ijzerconcentraties in de bodem kunnen de beschikbaarheid van fosfaat dus sterk beïnvloeden. In Figuur 4.3 (rechts) is deze correlatie weergegeven. Op plaatsen waar de bodem rijk is aan ijzer, calcium en aluminium blijft de P-beschikbaarheid voor planten doorgaans laag: een grotere P-bindingscapaciteit kan leiden tot betere P-immobilisatie en daarmee tot een lagere Olsen-P-concentratie.



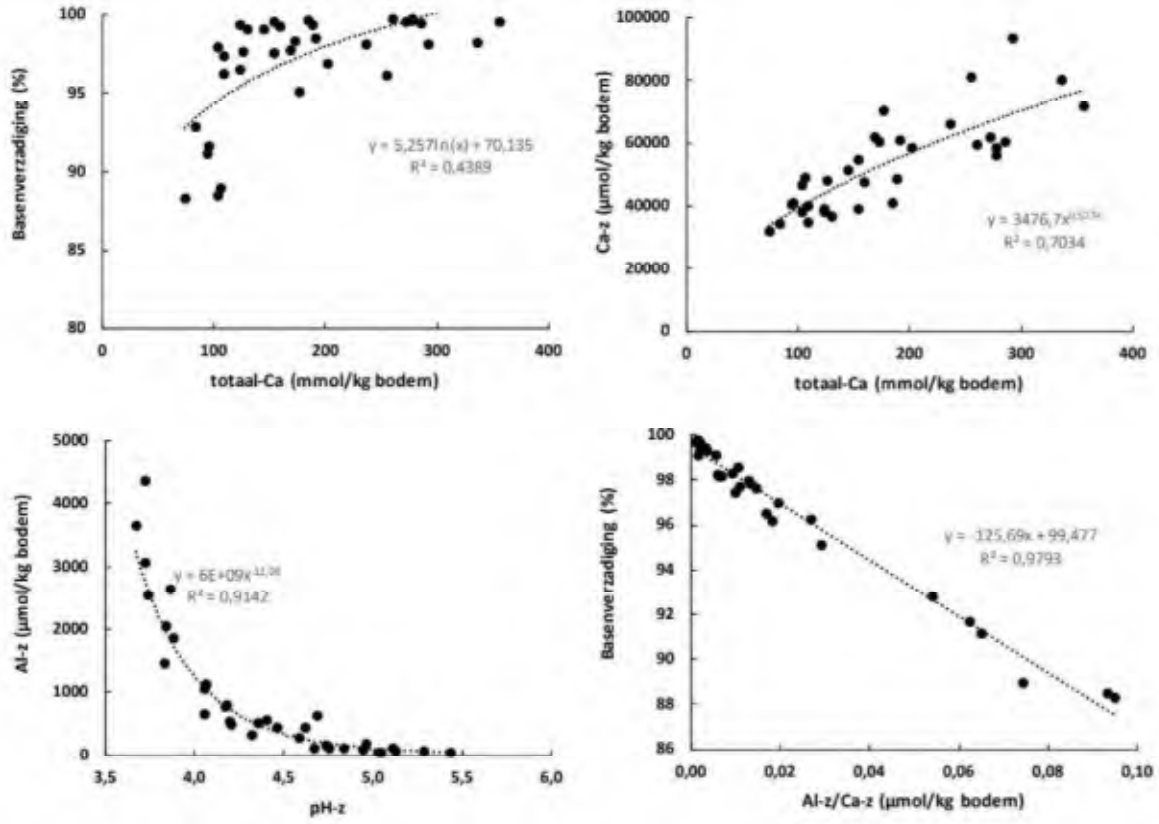
Figuur 4.3. Correlaties tussen een aantal P-gerelateerde bodemchemische parameters in de agrarische graslanden in de Zuidzijderpolder en polder Abessinië.

60266 0055

Zuurbuffering

Behalve de nutriëntenbeschikbaarheid is de zuurgraad van de bodem in belangrijke mate sturend voor de vegetatieontwikkeling. De buffercapaciteit geeft de mate aan waarin een bodem in staat is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties. De pH-NaCl van de bodems varieert van circa 3,5-5,5 (Figuur 4.4 linksonder). Bij bodem-pH waarden hoger dan pH 6,2 hebben we te maken met (bi)carbonaatbuffering. Wanneer in de bodems geen carbonaat meer aanwezig is, komt de bodem in het kation-uitwisselings-buffertraject terecht. Dit buffertraject bevindt zich globaal tussen een pH van 4,5 en 6,5. Een zoutextract geeft een beeld van de hoeveelheid uitwisselbare kationen in de bodem. Uit Figuur 4.4 (rechtsonder) blijkt dat de aluminiumconcentratie in het zoutextract toeneemt naarmate de pH lager wordt. Dit komt overeen met de theorie dat aluminiumhydroxiden in oplossing gaan bij een lage bodem pH. Als de basische kationen (Ca^{2+}, Mg^{2+} en K^{+}) zijn vervangen door zuurionen (H^{+}), neemt de concentratie zuurionen in het bodemvocht toe en daalt de pH.

De calciumconcentraties in het zoutextract nemen niet lineair toe met de totaal-calcium concentraties in de bodem, maar vlakken bij hoge totaal-calciumconcentraties wat af (Figuur 4.4). In calciumrijke bodems is een deel van het calcium aanwezig in de vorm van calciumcarbonaat en niet als uitwisselbaar calcium. De geanalyseerde bodems zijn matig tot zeer goed gebufferd met een Ca-NaCl concentratie van circa 12.500-40.000 µmol/l (uitgedrukt per kg bodem zijn de concentraties in venige bodems hoger; Figuur 4.4). De calciumconcentraties zijn in grote mate bepalend voor de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen.



Figuur 4.4. Correlaties tussen zuurbuffering-gerelateerde bodemchemische parameters (uitgedrukt per kg droge bodem) in de agrarische graslanden in de Zuidzijderpolder en polder Abessinië.

Labiele nutriëntenconcentraties in de bodem

Voor het risico op af- en uitspoeling van nutriënten zijn de labiele nutriëntenconcentraties van belang. De concentraties die gemeten zijn in het zoutextract geven een indicatie van de labiel in de bodem gebonden nutriënten. De labiele P-concentraties in de geanalyseerde bodems zijn relatief laag (< 5 µmol/l; Tabel 4.1). De nitraatconcentraties zijn daarentegen op vrijwel alle locaties hoog tot zeer hoog (>> 200 µmol/l; Tabel 4.1) als gevolg van bemesting (en indirect via nitrificatie: de oxidatie van ammonium naar nitraat). De ammoniumconcentraties zijn, uitgezonderd locatie M, wel laag (< 200 µmol/l; Tabel 4.1). Hoge nitraat- of ammoniumconcentraties zijn niet gewenst, maar over het algemeen minder problematisch voor de beoogde natuurontwikkeling. Nitraat is, in tegenstelling tot fosfaat, relatief mobiel en als gevolg van uitspoeling en denitrificatieprocessen neemt de nitraatbeschikbaarheid na het stoppen van de bemesting vaak snel af (zie ook Figuur 2.2).

4.2 Potenties voor natuurontwikkeling

Een lage fosfaatbeschikbaarheid biedt, zoals beschreven in hoofdstuk 2, goede kansen voor de ontwikkeling van voedselarme, soortenrijke natte schraallanden en vochtige hooilanden. In dit onderzoek worden de volgende streefconcentraties gehanteerd:

- Nat schraalland: (<)100 tot 300 (optimaal) tot 500 (acceptabel) µmol/l Olsen-P;
- Vochtig hooiland: (<)350 tot 500 (optimaal) tot 800 (acceptabel, mogelijk beperkt aanvullend verschralingsbeheer vereist) µmol/l Olsen-P.

De grondsoort (totaal-Al is meer indicatief voor het bodemtype dan de typering van de grondsoort tijdens de profielbeschrijvingen) en de totale ijzer- en calciumconcentraties van de bodem zijn met name relevant met het oog op de potentiële natuurbeheer-/habitattypen. Bodems met een totaal-Ca concentratie van >20 mmol/l en een Ca-z concentratie van meer dan 4.000-5.000 µmol/l zijn over het algemeen voldoende gebufferd voor (matig) gebufferde natuurtypen. Op calciumarme bodems ligt de ontwikkeling van hoogveenvegetaties voor de hand (zeer indicatief: Ca-t < 10 mmol/l en Ca-z < 3.000/4.000 µmol/l). Op zwak-calciumhoudende bodems (Ca-tot >10 mmol/l en Ca-z 3.000/4.000-8.000 µmol/l ligt de ontwikkeling van kleine zeggenvegetaties voor de hand mits er voldoende aanrijking met basen plaatsvindt via capillaire opstijging. Op de meer gebufferde bodems (Ca-z: 8.000-25.000 µmol/l) kan onder de juiste hydrologische omstandigheden (essentieel!) een blauwgrasland of veldrusschraalland tot ontwikkeling komen. Op sterk gebufferde bodems (Ca-z: > 20.000-50.000 µmol/l) kan onder vochtige tot natte omstandigheden een dotterbloemhooiland worden ontwikkeld.

Tabel 4.1 - volgende pagina. Overzicht bodemchemie van de geanalyseerde bodemlagen waarbij Grondsoort = bodemtype op basis van de profielbeschrijvingen (zie Bijlage 1; bv = bouwvoor); HZT = bodemhorizont, V = vochtpercentage; MV = massa/volumeverhouding van de bodem in kg/l; OS = percentage organische stof (gloeiverlies); Ols-P = plantenbeschikbaar fosfaat (Olsen-P) in µmol per liter bodem; -t = totaalconcentratie in mmol per liter bodem; SCM = totaal-S/(Ca+Mg) ratio in mol/mol; -z = concentratie in een zoutextract (in µmol per liter bodem), pH-z = pH in een zoutextract; BV = indicatieve basenverzadiging; M3 = indicatieve verschralingsduur (in jaren) per bodemlaag door middel van jaarlijks maaien en afvoeren bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 300 µmol/l (optimaal; totaal-P ondergrens 3 mmol/l). M5 en 8 = idem, echter op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 (acceptabel/suboptimaal voor Nat schraalland op veen-/kleibodem; risico op verruiging) en 800 µmol/l (acceptabel/suboptimaal voor Vochtig hooiland op veen-/kleibodem; risico op verruiging). Een aantal diepere bodemlagen zijn later geanalyseerd en van deze lagen is geen zoutextractie uitgevoerd (alleen mogelijk van vers materiaal). Op basis van de correlatie tussen de concentratie Ca-t en Ca-z (Figuur 4.4) is de Ca-z concentratie berekend (cursief weergegeven). In onderstaande tabel zijn de volgende arceringen gebruikt:

60266 0055

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO_3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<200	<20	<4000	<40	<2	<50	0	voldoende P-arm
6-10	201-400	21-50	4001-8000	41-100	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	401-800	51-100	8001-15000	101-250	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	801-1200	101-150	15001-25000	251-500	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>1200	150-250	25001-40000	501-800	31-50	401-800	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		>250	>40000	>800	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Loc.	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	SCN	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO_3-z	HH_4-z	M3	M5	M8
A	0-20	klei, matig siltig en humeus, bv	Ap	17	28	0,7																					
	20-30	klei, matig siltig en humeus, bv	Ap	17	37	0,7																					
	30-40	klei, matig siltig en humeus, bv	Ap	18	42	0,8	824	11,0	952	332	419	51	167	38	0,14	225	40164	162	11009	4,6	99	1	231	13	22	14	1
	40-50	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	21	49	0,6																					
B	20-30	klei, matig siltig en humeus, bv	Ap	20	42	0,5																					
	30-40	overgangslaag van klei naar bosveen	Ap/O	24	49	0,6	1198	18,3	845	74	368	64	132	54	0,26	304	28194	1097	8229	4,4	98	2	179	38	43	32	19
	40-50	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	42	62	0,4	402	11,1	349	86	167	22	47	101	0,76		23772								4		
C	20-30	klei, matig siltig en humeus, bv	Ap	23	49	0,5																					
	30-40	overgangslaag van klei naar bosveen	Ap/O	24	43	0,6	753	11,7	972	98	314	56	128	53	0,24	309	34344	46	8047	4,2	98	1	171	47	22	12	7
	40-50	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	49	69	0,3																					
D	20-30	klei, matig siltig en humeus, bv	Ap	28	50	0,5																					
	30-40	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	29	53	0,5	831	11,5	702	84	381	43	93	73	0,41	402	30921	42	6385	4,2	98	2	114	22	23	14	9
	40-50	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	54	69	0,3																					
E	0-20	klei, matig siltig en humeus, bv	Ap	13	29	0,8																					
	20-30	klei, matig siltig en humeus, bv	Ap	16	36	0,7																					
	30-40	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	34	46	0,6	962	15,3	812	117	402	42	112	57	0,25	399	37633	165	9483	4,7	99	2	[illegible]	15	33	23	8
	40-50	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	42	58	0,5																					
F	20-30	overgangslaag van vorige bouwvoor naar bosveen	Ap/O	30	45	0,4	1250	17,4	573	44	328	24	62	43	0,40	433	16220	165	6664	4,1	96	1	47	21	41	33	20
	30-40	bosveen, sterk veraard	O	42	58	0,3	402	11,6	379	47	269	18	46	61	0,66		15622								9		
	40-50	overgangslaag van sterk naar matig veraard bosveen	O	50	59	0,4	352	6,8	293	48	147	17	38	74	0,86		16593								3		
G	20-30	veen, bv	Ap	43	53	0,4	1388	20,3	318	108	162	12	41	106	0,71	626	34633	79	5806	3,8	96	4	1037	136	50	41	27
	30-40	overgangslaag van vorige bouwvoor naar bosveen	Ap/O	44	56	0,5	849	24,8	447	143	236	19	59	144	0,71		25434								50	32	9
	40-50	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	67	77	0,2	223	6,6	165	93	85	10	24	142	1,20		19407										
H	20-30	veen, bv	Ap	33	31	0,6	1743	19,0	612	58	289	20	74	32	0,24	275	23517	564	5837	4,2	98	1	120	31	49	42	32
	30-40	veen, bv	Ap	37	39	0,5	777	20,7	902	85	338	47	117	41	0,20		26472								40	23	7
	40-50	klei, sterk humeus, matig siltig	BC	26	48	0,7	294	9,8	645	138	524	39	147	41	0,14		40800										
I	20-30	veen, sterk kleihg, bv	Ap	42	46	0,4	1292	19,1	459	35	196	22	43	56	0,71	948	15252	60	4879	3,7	92	2	181	29	46	37	23
	30-40	overgangslaag van vorige bouwvoor naar veraard bosveen	Ap/O	50	79	0,3	387	8,7	320	38	150	18	32	88	1,26		13193								6		
	40-50	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	63	69	0,3	305	7,1	277	50	126	16	30	122	1,53		15386										
J	20-30	klei, sterk humeus, matig siltig, bv	Ap	35	40	0,4	1454	15,2	653	31	254	30	65	49	0,51	1296	13662	77	4013	3,7	88	2	148	16	38	31	21
	30-40	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	47	48	0,3	636	10,0	419	32	196	19	43	73	0,96		13212								16	7	
	40-50	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	64	53	0,3	591	10,5	328	32	137	14	33	72	1,11		12495								16	5	
K	20-30	klei, sterk humeus, matig siltig, bv	Ap	41	56	0,3	614	7,7	404	62	248	17	38	73	0,73	718	24612	157	4763	3,8	95	1	215	29	12	4	1
	30-40	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	63	71	0,3																					
	40-50	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	75	79	0,2																					
L	20-30	veen, bv	Ap	48	63	0,4	494	9,8	355	104	108	14	34	92	0,66	201	33368	58	4794	4,4	98	2	1622	65	12	2	1
	30-40	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	63	74	0,3																					
	40-50	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	69	80	0,2																					
M	20-30	veen, sterk kleihg, bv	Ap	43	57	0,4	618	10,8	410	44	176	16	36	79	0,98	1535	20760	343	5387	3,7	89	2	5403	752	17	6	2
	30-40	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	54	68	0,3																					
	40-50	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	67	77	0,2																					
N	20-30	bosveen, sterk kleihg en veraard, bv	Ap	34	49	0,3	987	14,9	616	33	181	32	63	40	0,42	920	14193	55	3632	3,9	91	2	1174	14	32	23	9
	30-40	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	51	65	0,4	356	8,9	285	52	195	13	34	103	1,19		17248								4		
	40-50	overgangslaag naar gelaagd veen	O	34	63	0,4	296	6,5	334	43	162	13	60	73	0,71		17148										
O	20-30	bosveen, sterk kleihg en veraard, bv	Ap	40	65	0,4	539	11,5	324	40	178	10	29	79	1,15	1685	18095	175	6583	3,7	89	1	989	29	16	3	1
	30-40	bosveen, sterk kleihg, matig veraard	O	63	77	0,2																					
	40-50	bosveen, sterk kleihg, matig veraard	O	75	63	0,4																					
P	20-30	klei, sterk siltig en humeus, bv	Ap	31	50	0,4	578	11,6	561	65	268	24	67	43	0,33	332	23339	82	7236	4,2	98	2	249	24	17	5	2
	30-40	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	28	75	0,6																					
	40-50	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	27	63	0,4																					
Q	20-30	veen, veraard	Ap	39	52	0,4	725	11,7	439	88	184	19	49	83	0,61	499	23572	85	9544	4,1	97	1	548	14	21	11	3
	30-40	bosveen, sterk kleihg, matig veraard	O	80	71	0,2																					
	40-50	bosveen, sterk kleihg, matig veraard	O	78	81	0,2																					
R	20-30	bosveen, sterk kleihg en veraard, bv	Ap	26	39	0,5	1199	16,1	803	41	269	34	85	33	0,26	928	37194	629	6215	3,9	93	1	333	18	38	29	17
	30-40	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	45	62	0,3	483	11,8	273	44	164	12	28	63	0,90		13924								14		
	40-50	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	51	68	0,3	570	14,2	284	56	164	11	29	76	0,89		16580								21	5	
S	0-20	veen, sterk kleihg, bv	Ap	24	44	0,6	1333	22,5	996	89	320	52	126	38	0,18	96	26754	196	7555	4,7	99	2	384	15	[illegible]		36
	20-30	veen, sterk kleihg, bv	Ap	28	50	0,5	579	16,0	1161	148	370	67	141	59	0,21	61	31781	158	9050	4,8	100	2	530	41	24	7	
	30-40	veen, sterk kleihg, bv	Ap	26	50	0,6	532	14,1	836	170	286	41	123	70	0,24	113	36150	337	9502	5,0	99	1	295	28	19	3	
	40-50	klei, matig siltig en humeus, humusinsp.	BC	11	36	0,9	449	11,8	1079	149	485	70	244	29	0,08	47	36861	562	9748	5,0	100	2	52	52	12		
T	0-20	veen, sterk kleihg, bv	Ap	31	42	0,6	1686	26,9	1331	74	356	72	146	37	0,17	68	32942	4954	10480	4,7	99	1	[illegible]	52	[illegible]		
	20-30	veen, sterk kleihg, bv	Ap	32	50	0,5	558	14,1	1069	137	315	69	124	62	0,24	43	27969	4779	9830	4,9	100	1	369	31	20	5	
	30-40	veen, sterk kleihg, bv	Ap	38	50	0,5	411	10,8	765	146	310	59	130	60	0,22	42	30806	4927	9818	5,1	100	1	806	20	9		
	40-50	klei, sterk humeus, matig siltig, humusinsp.	B	15	39	0,8	455	11,6	959	149	358	71	205	41	0,12	64	33319	5471	10356	5,3	100	1	210	24	12		
U	0-20	bosveen, sterk kleihg en veraard, bv	Ap	24	46	0,7	2867	44,8	869	72	386	54	117	52	0,27	229	23329	2129	9212	4,3	97	3	1148	82	251	233	202
	20-30	bosveen, sterk kleihg en veraard, bv	Ap	28	46	0,5	1243	18,2	1131	68	407	59	130	48	0,24	358	21648	1094	7518	4,1	97	1	317	46	43	34	20
	30-40	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	37	58	0,5	830	12,5	770	108	217	45	84	94	0,49	207	30301	1545	8446	4,5	98	2	[illegible]	42	25	16	7
	40-50	bosveen, sterk kleihg en veraard	O	48	67	0,4	433	9,0	482	119	189	32	52	111	0,64	165	28681	1338	7070	4,6	98	2	[illegible]	107	9	[illegible]	
V	0-20	klei, sterk humeus, matig siltig, bv	Ap	21	46	0,7	1441	25,3	1305	95	448	83	185	36	0,13	42	26861	7190	13004	5,0	99	5	159	73	[illegible]	[illegible]	79
	20-30	bosveen, sterk veraard	O	30	54	0,5	775	14,7	877	102	505	55	114	54	0,25	71	26462	5333	10085	4,8	99	2	266	42	28	16	9
	30-40	bosveen, sterk veraard	O	44	61	0,4	457	10,8	629	155	486	44	76	88	0,38	54	31405	4812	9291	5,1	100	2	373	32	12		
	40-50	bosveen, sterk veraard	O	23	52	0,6	299	8,7	875	163	395	72	182	50	0,15	39	32425	4615	9249	5,4	100	2	232	28			

Op basis van de verhouding tussen de Olsen-P en P-totaal concentratie (beschikbare P-fractie) is een P-totaal streefconcentratie berekend. Deze varieert op basis van de P-beschikbaarheid, die beïnvloed wordt door o.a. de kleifractie (totaal-Al), ijzer- en calciumconcentraties van de bodem. De totaal-P-streefconcentratie is berekend op basis van een Olsen-P-streefconcentratie van 300, 500 en 800 µmol/l. Op basis van het verschil tussen de streefconcentratie en de actuele totaal-P-concentratie is per bemonsterde laag een verschralingsduur berekend bij traditioneel beheer van maaien en afvoeren (P-afvoer: 10 kg/ha/jaar). Gericht uitmijnen met N- en/of K-bemesting (P-afvoer: 40 kg/ha/jaar) gaat vier keer zo snel.

Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte dienen, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25(-30) cm bij elkaar te worden opgeteld.

Wanneer wordt ingezet op (aanvullende) verschraling van een fosfaatrijke toplaag is het belangrijk om te realiseren dat vernatting van een fosfaatrijke toplaag kan leiden tot P-mobilisatie en verruiging in de vorm van pitrusontwikkeling.

Hierna volgt per locatie een beschrijving van de bodemchemische eigenschappen van de bodem en de kansen voor de ontwikkeling van vochtig hooiland of nat schraalland. Hierbij wordt aangegeven in hoeverre de bodemchemische analyses de in het schetsontwerp geadviseerde plagdiepten bevestigen of dat de plagdiepte aangepast moet worden. Indien de plagdiepte aangepast moet worden, is het nodig om aanvullende bodemanalyses uit te laten voeren om de juiste plagdiepte te kunnen bepalen.

Locatie A (GLG 75 cm-mv en GHG 20 cm-mv)
Op deze locatie met een 40 cm dikke kleiige bouwvoor (Bijlage 1) is in het schetsontwerp een plagdiepte van 30 cm voorgesteld. Op 30-40 cm-mv is de ijzerrijke (totaal-Fe: 419 mmol/l) kleibodem voldoende schraal (Olsen-P: 824 µmol/l en totaal-P: 11,0 mmol/l), eventueel in combinatie met beperkt aanvullend verschralingsbeheer, voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 112 mmol/l en Ca-z: ± 40.000 µmol/l). De aanvullende bodemanalyse bevestigt de aanbevolen plagdiepte.

Locatie B (GLG 60 cm-mv en GHG 20 cm-mv)
Op deze locatie met een 35 cm dikke kleiige bouwvoor (Bijlage 1) is in het schetsontwerp een plagdiepte van 30 cm voorgesteld. Op 30-40 cm-mv is de ijzerrijke (totaal-Fe: 386 mmol/l) bodem nog te rijk aan P (Olsen-P: 1198 µmol/l en totaal-P: 18,3 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 74 mmol/l en Ca-z: ± 28.000 µmol/l). Op basis van de totale P-voorraad in de bodem is na plaggen van 30 cm nog minimaal 19 jaar aanvullend verschralingsbeheer via maaien en afvoeren nodig. Op 35 cm zit de overgang van de kleiige bouwvoor naar het onderliggende veen en het geanalyseerde bodemmonster omvat de onderste 5 cm van de kleiige bouwvoor en de bovenste 5 cm van het sterk kleiige veenpakket. Waarschijnlijk zal na plaggen van de volledige bouwvoor (35 cm) de fosfaatbeschikbaarheid laag genoeg zijn voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland aangezien de P-beschikbaarheid in het ijzerrijke (totaal-Fe: 167 mmol/l) veen op 40-50 cm-mv voldoende laag is (Olsen-P: 402 µmol/l en totaal-P: 11,1 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 86 mmol/l en berekende Ca-z: ± 23.500 µmol/l). Het veen is wel rijk aan zwavel (totaal-S: 101 mmol/l) en hierdoor gevoelig voor verzuring bij droogval. De S/(Ca+Mg)-ratio is een indicator voor de verzuringsgevoeligheid van een bodem, waarbij een ratio groter dan 0,67 ongunstig is (Lucassen e.a., 2002). Met een S/(Ca+Mg)-ratio van 0,76 (Tabel 4.1) kan het veen

als gevolg van oxidatieprocessen bij droogval verzuren. Voor deze locatie is het advies om de plagdiepte aan te passen van 30 cm naar 35 cm.

Locatie C (GLG 65 cm-mv en GHG 20 cm-mv)
Op deze locatie met een 35 cm dikke kleiige bouwvoor (Bijlage 1) is in het schetsontwerp een plagdiepte van 30 cm voorgesteld. Op 30-40 cm-mv is de ijzerrijke (totaal-Fe: 314 mmol/l) bodem voldoende schraal (Olsen-P: 753 µmol/l en totaal-P: 11,7 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 98 mmol/l en Ca-z: ± 35.000 µmol/l). Het geanalyseerde monster omvat de onderste 5 cm van de kleiige bouwvoor en de bovenste 5 cm van het sterk kleiige veenpakket, hierdoor bestaat er na plaggen van 30 cm het risico dat de nieuwe toplaag van de bodem nog te rijk is aan P. Het is dan veiliger om de plagdiepte aan te passen van 30 cm naar 35 cm.

Locatie D (GLG 60 cm-mv en GHG 15 cm-mv)
Op deze locatie met een 30 cm dikke kleiige bouwvoor (Bijlage 1) is in het schetsontwerp een plagdiepte van 30 cm voorgesteld. Op 30-40 cm-mv is de sterk kleiige ijzerrijke (totaal-Fe: 190 mmol/l) veenbodem voldoende schraal (Olsen-P: 811 µmol/l en totaal-P: 11,5 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 84 mmol/l en Ca-z: ± 30.000 µmol/l). De aanvullende bodemanalyse bevestigt de aanbevolen plagdiepte.

Locatie E (GLG 60 cm-mv en GHG 10 cm-mv)
Op deze locatie met een 30 cm dikke kleiige bouwvoor (Bijlage 1) is in het schetsontwerp een plagdiepte van 30 cm voorgesteld. Op 30-40 cm-mv is de ijzerrijke (totaal-Fe: 402 mmol/l) veenbodem nog te rijk aan P (Olsen-P: 962 µmol/l en totaal-P: 15,3 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 117 mmol/l en Ca-z: ± 37.500 µmol/l). Na 30 cm plaggen is een aanvullend verschralingsbeheer van minimaal 8 jaar maaien en afvoeren nodig. Het advies op deze locatie is om de aanbevolen plagdiepte van 30 cm te hanteren en aanvullend te verschralen.

Locatie F (GLG 60 cm-mv en GHG 20 cm-mv)
Op deze locatie met een 25 cm dikke venige bouwvoor (Bijlage 1) is in het schetsontwerp een plagdiepte van 20 cm voorgesteld. Op 20-30 cm-mv is de ijzerrijke (totaal-Fe: 228 mmol/l) veenbodem nog te rijk aan P (Olsen-P: 1250 µmol/l en totaal-P: 17,4 mmol/l) en onvoldoende gebufferd voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 44 mmol/l en Ca-z: ± 16.000 µmol/l). Wat betreft de buffering van de bodem ligt de ontwikkeling van een Nat schraalland (blauwgrasland) meer voor de hand. Dit vegetatietype kan zich ontwikkelen bij een fosfaatbeschikbaarheid lager dan 500 µmol Olsen-P/l. Het ijzerrijke (totaal-Fe: 269 mmol/l) veraarde bosveen op 30-40 cm-mv is voldoende schraal (Olsen-P: 402 µmol/l en totaal-P: 11,6 mmol/l) voor de ontwikkeling van Nat schraalland (totaal-Ca: 47 mmol/l en berekende Ca-z: ± 16.500 µmol/l). Het veen is wel gevoelig voor verzuring bij droogval (S/(Ca+Mg)-ratio > 0,67). Het advies is om de plagdiepte aan te passen van 20 cm naar 30 cm.

Locatie G (GLG 50 cm-mv en GHG 10 cm-mv)
Op deze locatie met een 35 cm dikke venige bouwvoor (Bijlage 1) is in het schetsontwerp een plagdiepte van 20 cm voorgesteld. Op 20-30 cm-mv is de ijzerrijke (totaal-Fe: 162 mmol/l) bodem nog te rijk aan P (Olsen-P: 1250 µmol/l en totaal-P: 20,3 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 108 mmol/l en Ca-z: ± 35.000 µmol/l). Op basis van de totale P-voorraad in

de bodem is na plaggen van 20 cm nog minimaal 27 jaar aanvullend verschralingsbeheer via maaien en afvoeren nodig. De bodem op 30-40 cm (overgang van venige bouwvoor naar bosveen) is vanwege de hoge P-concentraties in de venige bouwvoor nog te rijk aan P (Olsen-P: 849 µmol/l en totaal-P: 24,8 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 143 mmol/l en berekende Ca-z: ± 35.500 µmol/l). Het veen onder de bouwvoor (40-50 cm-mv) is P-arm (Olsen-P: 223 µmol/l en totaal-P: 6,6 mmol/l). Na afgraven de venige bouwvoor (35 cm) is de bodem waarschijnlijk voldoende schraal (< 500 µmol Olsen-P/l) voor de ontwikkeling van Nat Schraalland (totaal-Ca: 95 mmol/l en berekende Ca-z: ± 19.500 µmol/l). Het veen is wel gevoelig voor verzuring bij droogval (S/(Ca+Mg)-ratio > 0,67). Het advies is om de plagdiepte aan te passen van 20 cm naar 35 cm.

Locatie H (GLG 70 cm-mv en GHG 20 cm-mv)
Op deze locatie met een 40 cm dikke venige bouwvoor (Bijlage 1) is in het schetsontwerp een plagdiepte van 20 cm voorgesteld. Op 20-30 cm-mv is de ijzerrijke (totaal-Fe: 289 mmol/l) bodem nog te rijk aan P (Olsen-P: 1743 µmol/l en totaal-P: 19,0 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 58 mmol/l en Ca-z: ± 21.500 µmol/l). Op basis van de totale P-voorraad in de bodem is na plaggen van 20 cm nog minimaal 32 jaar aanvullend verschralingsbeheer via maaien en afvoeren nodig. Het ijzerrijke (totaal-Fe:338 mmol/l) veen op 30-40 cm-mv is voldoende schraal (Olsen-P: 777 µmol/l en totaal-P: 20,7 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 85 mmol/l en berekende Ca-z: ± 26.500 µmol/l). Het advies is om de plagdiepte aan te passen van 20 cm naar 30 cm.

Locatie I (GLG 80 cm-mv en GHG 20 cm-mv)
Op deze locatie met een 35 cm dikke venige bouwvoor (Bijlage 1) is in het schetsontwerp een plagdiepte van 20 cm voorgesteld. Op 20-30 cm-mv is de ijzerrijke (totaal-Fe: 196 mmol/l) bodem nog te rijk aan P (Olsen-P: 1292 µmol/l en totaal-P: 19,1 mmol/l) en onvoldoende gebufferd voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 35 mmol/l en Ca-z: ± 15.500 µmol/l). Wat betreft de buffering van de bodem ligt de ontwikkeling van een Nat schraalland (blauwgrasland) meer voor de hand. Dit vegetatietype kan zich ontwikkelen bij een fosfaatbeschikbaarheid lager dan 500 µmol/l. De ijzerrijke (totaal-Fe: 150 mmol/l) bodem op 30-40 cm (overgang van venige bouwvoor naar veraard bosveen) is voldoende schraal (Olsen-P: 387 µmol/l en totaal-P: 8,7 mmol/l) voor de ontwikkeling van Nat Schraalland (totaal-Ca: 38 mmol/l en berekende Ca-z: ± 13.000 µmol/l). Het veen is wel gevoelig voor verzuring bij droogval (S/(Ca+Mg)-ratio > 0,67). Het advies is om de plagdiepte aan te passen van 20 cm naar 30 cm.

Locatie J (GLG 70 cm-mv en GHG 20 cm-mv)
Op deze locatie met een 30 cm dikke kleiige bouwvoor (Bijlage 1) is in het schetsontwerp een plagdiepte van 20 cm voorgesteld. Op 20-30 cm-mv is de ijzerrijke (totaal-Fe: 254 mmol/l) bodem nog te rijk aan P (Olsen-P: 1454 µmol/l en totaal-P: 15,2 mmol/l) en onvoldoende gebufferd voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 31 mmol/l en Ca-z: ± 13.500 µmol/l). Wat betreft de buffering van de bodem ligt de ontwikkeling van een Nat schraalland (blauwgrasland) meer voor de hand. Dit vegetatietype kan zich ontwikkelen bij een fosfaatbeschikbaarheid lager dan 500 µmol/l. De ijzerrijke (totaal-Fe: 196 mmol/l) veenbodem op 30-40 cm-mv is voldoende schraal (Olsen-P: 636 µmol/l en totaal-P: 10,0 mmol/l) om in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (min. 12 jaar maaien en afvoeren) te verschralen voor de ontwikkeling van Nat Schraalland (totaal-Ca: 32 mmol/l en berekende Ca-z: ± 13.000 µmol/l). Het veen is wel

60266 0055

gevoelig voor verzuring bij droogval (S/(Ca+Mg)-ratio > 0,67). Het advies is om de plagdiepte aan te passen van 20 cm naar 30 cm en aanvullend te verschralen.

Locatie K (GLG 60 cm-mv en GHG 10 cm-mv)
Op deze locatie met een 30 cm dikke humeuze kleiige bouwvoor (Bijlage 1) is in het schetsontwerp een plagdiepte van 20 cm voorgesteld. Op 20-30 cm-mv is de ijzerrijke (totaal-Fe: 148 mmol/l) bodem voldoende schraal (Olsen-P: 614 µmol/l en totaal-P: 7,7 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 62 mmol/l en Ca-z: ± 24.500 µmol/l). De bodem is wel gevoelig voor verzuring bij droogval (S/(Ca+Mg)-ratio > 0,67). De aanvullende bodemanalyse bevestigt de aanbevolen plagdiepte.

Locatie L (GLG 70 cm-mv en GHG 10 cm-mv)
Op deze locatie met een 30 cm dikke venige bouwvoor (Bijlage 1) is in het schetsontwerp een plagdiepte van 20 cm voorgesteld. Op 20-30 cm-mv is de ijzerrijke (totaal-Fe: 126 mmol/l) bodem voldoende schraal (Olsen-P: 494 µmol/l en totaal-P: 9,8 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 104 mmol/l en Ca-z: ± 33.500 µmol/l). De aanvullende bodemanalyse bevestigt de aanbevolen plagdiepte.

Locatie M (GLG 60 cm-mv en GHG 10 cm-mv)
Op deze locatie met een 30 cm dikke venige bouwvoor (Bijlage 1) is in het schetsontwerp een plagdiepte van 20 cm voorgesteld. Op 20-30 cm-mv is de ijzerrijke (totaal-Fe: 170 mmol/l) bodem voldoende schraal (Olsen-P: 618 µmol/l en totaal-P: 10,8 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 44 mmol/l en Ca-z: ± 20.500 µmol/l). De mate van buffering van de veenbodem zit wel aan de ondergrens voor Vochtig hooiland, zodat op termijn de vegetatie zich meer zal ontwikkelen richting Nat schraalland. Verder is het veen ook gevoelig voor verzuring bij droogval (S/(Ca+Mg)-ratio > 0,67). De aanvullende bodemanalyse bevestigt de aanbevolen plagdiepte.

Locatie N (GLG 60 cm-mv en GHG 10 cm-mv)
Op deze locatie met een 30 cm dikke venige bouwvoor (Bijlage 1) is in het schetsontwerp een plagdiepte van 20 cm voorgesteld. Op 20-30 cm-mv is de ijzerrijke (totaal-Fe: 183 mmol/l) veenbodem nog te rijk aan P (Olsen-P: 987 µmol/l en totaal-P: 14,9 mmol/l) en onvoldoende gebufferd voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 33 mmol/l en Ca-z: ± 14.000 µmol/l). Wat betreft de buffering van de bodem ligt de ontwikkeling van een Nat schraalland (blauwgrasland) meer voor de hand. Dit vegetatietype kan zich ontwikkelen bij een fosfaatbeschikbaarheid lager dan 500 µmol/l. De ijzerrijke (totaal-Fe: 195 mmol/l) veenbodem op 30-40 cm-mv is voldoende schraal (Olsen-P: 356 µmol/l en totaal-P: 8,9 mmol/l) voor de ontwikkeling van Nat Schraalland (totaal-Ca: 52 mmol/l en berekende Ca-z: ± 17.500 µmol/l). Het veen is wel gevoelig voor verzuring bij droogval (S/(Ca+Mg)-ratio > 0,67). Het advies is om de plagdiepte aan te passen van 20 cm naar 30 cm.

Locatie O (GLG 60 cm-mv en GHG 10 cm-mv)
Op deze locatie met een 30 cm dikke venige bouwvoor (Bijlage 1) is in het schetsontwerp een plagdiepte van 20 cm voorgesteld. Op 20-30 cm-mv is de ijzerrijke (totaal-Fe: 175 mmol/l) veenbodem voldoende schraal (Olsen-P: 539 µmol/l en totaal-P: 11,5 mmol/l), maar waarschijnlijk

onvoldoende gebufferd voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 40 mmol/l en Ca-z: ± 18.000 µmol/l). Wat betreft de buffering van de bodem ligt de ontwikkeling van een Nat schraalland meer voor de hand. Dit vegetatietype kan zich ontwikkelen bij een fosfaatbeschikbaarheid lager dan 500 µmol/l. Met beperkt aanvullend verschralingsbeheer (min 3 jaar maaien en afvoeren) kan de P-beschikbaarheid voldoende gereduceerd worden voor Nat schraalland. Het veen is wel gevoelig voor verzuring bij droogval (S/(Ca+Mg)-ratio > 0,67). Het advies is handhaven van de voorgestelde plagdiepte van 20 cm in combinatie met beperkt aanvullend verschralingsbeheer voor de ontwikkeling van Nat schraalland.

Locatie P (GLG 60 cm-mv en GHG 20 cm-mv)

Op deze locatie met een 30 cm dikke kleiige bouwvoor (Bijlage 1) is in het schetsontwerp een plagdiepte van 20 cm voorgesteld. Op 20-30 cm-mv is de ijzerrijke (totaal-Fe: 268 mmol/l) bodem voldoende schraal (Olsen-P: 578 µmol/l en totaal-P: 11,6 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 65 mmol/l en Ca-z: ± 23.000 µmol/l). De aanvullende bodemanalyse bevestigt de aanbevolen plagdiepte.

Locatie Q (GLG 65 cm-mv en GHG 10 cm-mv)

Op deze locatie met een 30 cm dikke venige bouwvoor (Bijlage 1) is in het schetsontwerp een plagdiepte van 20 cm voorgesteld. Op 20-30 cm-mv is de bodem ijzerrijke (totaal-Fe: 164 mmol/l) voldoende schraal (Olsen-P: 725 µmol/l en totaal-P: 11,7 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 88 mmol/l en Ca-z: ± 25.500 µmol/l). De aanvullende bodemanalyse bevestigt de aanbevolen plagdiepte.

Locatie R (GLG 80 cm-mv en GHG 20 cm-mv)

Op deze locatie met een 30 cm dikke venige bouwvoor (Bijlage 1) is in het schetsontwerp een plagdiepte van 20 cm voorgesteld. Op 20-30 cm-mv is de ijzerrijke (totaal-Fe: 269 mmol/l) bodem nog te rijk aan P (Olsen-P: 1199 µmol/l en totaal-P: 16,1 mmol/l) en onvoldoende gebufferd voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 41 mmol/l en Ca-z: ± 17.000 µmol/l). Wat betreft de buffering van de bodem ligt de ontwikkeling van een Nat schraalland meer voor de hand. Dit vegetatietype kan zich ontwikkelen bij een fosfaatbeschikbaarheid lager dan 500 µmol/l. De ijzerrijke (totaal-Fe: 164 mmol/l) veenbodem op 30-40 cm-mv is voldoende schraal (Olsen-P: 483 µmol/l en totaal-P: 11,8 mmol/l) voor de ontwikkeling van Nat Schraalland (totaal-Ca: 44 mmol/l en berekende Ca-z: ± 14.000 µmol/l). Het veen is wel gevoelig voor verzuring bij droogval (S/(Ca+Mg)-ratio > 0,67). Het veen op 40-50 cm-mv is wat rijker aan P (Olsen-P: 570 µmol/l en totaal-P: 14,2 mmol/l) waardoor mogelijk aanvullend verschralingsbeheer nodig is. Het advies is om de plagdiepte aan te passen van 20 cm naar 30 cm, mogelijk in combinatie met aanvullend maaien en afvoeren.

Locatie S (GLG 80 cm-mv en GHG 10 cm-mv)

Deze locatie met een 40 cm dikke venige bouwvoor (Bijlage 1) is nog niet eerder onderzocht. De toplaag van de bouwvoor (0-20 cm-mv) is ijzerrijk (totaal-Fe: 320 mmol/l), maar te rijk aan P (Olsen-P: 1333 µmol/l en totaal-P: 22,5 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 89 mmol/l en Ca-z: ± 27.000 µmol/l). De bodem op 20-30 cm-mv is voldoende schraal (Olsen-P: 579 µmol/l en totaal-P: 16,0 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 148 mmol/l en Ca-z: ± 34.000 µmol/l). Het advies is om 20 cm te plaggen voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland.

60266 0055

Locatie T (GLG 75 cm-mv en GHG 10 cm-mv)
Deze locatie met een 40 cm dikke venige bouwvoor (Bijlage 1) is ook nog niet eerder onderzocht. De toplaag van de bouwvoor (0-20 cm-mv) is ijzerrijk (totaal-Fe: 356 mmol/l), maar te rijk aan P (Olsen-P: 1686 µmol/l en totaal-P: 26,9 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 74 mmol/l en Ca-z: ± 23.000 µmol/l). De bodem op 20-30 cm-mv is voldoende schraal (Olsen-P: 558 µmol/l en totaal-P: 14,1 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 137 mmol/l en Ca-z: ± 28.000 µmol/l). Het advies is om 20 cm te plaggen voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland.

Locatie U (GLG 75 cm-mv en GHG 10 cm-mv)
Deze locatie met een 30 cm dikke venige bouwvoor (Bijlage 1) is ook nog niet eerder onderzocht. De toplaag van de bouwvoor (0-20 cm-mv) is ijzerrijk (totaal-Fe: 386 mmol/l), maar ook zeer rijk aan P (Olsen-P: 2867 µmol/l en totaal-P: 44,8 mmol/l). De bodem op 20-30 cm-mv is ook nog te rijk aan P (Olsen-P: 1243 µmol/l en totaal-P: 18,2 mmol/l) De veenbodem op 30-40 cm-mv is voldoende schraal (Olsen-P: 830 µmol/l en totaal-P: 12,3 mmol/l), mogelijk in combinatie met beperkt aanvullend verschralingsbeheer, voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 108 mmol/l en Ca-z: ± 30.500 µmol/l). Het advies is om 30 cm te plaggen, mogelijk in combinatie met zeer beperkt aanvullend verschralingsbeheer, voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland.

Locatie V (GLG 75 cm-mv en GHG 10 cm-mv)
Deze locatie met een 20 cm dikke kleiige bouwvoor (Bijlage 1) is ook nog niet eerder onderzocht. De bouwvoor (0-20 cm-mv) is ijzerrijk (totaal-Fe: 448 mmol/l), maar te rijk aan P (Olsen-P: 1441 µmol/l en totaal-P: 25,3 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 95 mmol/l en Ca-z: ± 27.000 µmol/l). De bodem op 20-30 cm-mv is voldoende schraal (Olsen-P: 775 µmol/l en totaal-P: 14,7 mmol/l) voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland (totaal-Ca: 102 mmol/l en Ca-z: ± 31.500 µmol/l). Het advies is om 20 cm te plaggen voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland.

Samenvatting adviezen per locatie
In Tabel 4.2 staan de adviezen per locatie samengevat. Bij deze adviezen is nog geen rekening gehouden met de waterpeilen. De toetsing van de in het schetsontwerp voorgestelde waterpeilen volgt in Hoofdstuk 5.

60266 0055

Tabel 4.2. Overzicht van de op basis van het aanvullende bodemchemische onderzoek geadviseerde plagdiepte en natuurbeheertype per locatie (A t/m V). Het advies is opgesteld op basis van de fosfaatbeschikbaarheid in de bodem en de mate van buffering van de bodem. Wijzigingen ten opzichte van de voorgestelde plagdiepten of natuurbeheertypen worden vet weergegeven. De geadviseerde plagdiepten worden in Hoofdstuk 5 getoetst aan de voorgestelde waterpeilen.

Locatie	Plagdiepte schetsontwerp (cm)	Natuurbeheertype schetsontwerp	Geadviseerde plagdiepte aanvullend bodemonderzoek	Geadviseerde natuurbeheertype aanvullend bodemonderzoek
A	30	Vochtig hooiland	30 cm plaggen	Vochtig hooiland
B	30	Vochtig hooiland	**35 cm plaggen**	Vochtig hooiland
C	30	Vochtig hooiland	**35 cm plaggen**	Vochtig hooiland
D	30	Vochtig hooiland	30 cm plaggen	Vochtig hooiland
E	30	Vochtig hooiland	30 cm plaggen + aanvullend verschralen	Vochtig hooiland
F	20	Vochtig hooiland	**30 cm plaggen**	**Nat schraalland**
G	20	Vochtig hooiland	**35 cm plaggen**	**Nat schraalland**
H	20	Vochtig hooiland	**30 cm plaggen**	Vochtig hooiland
I	20	Vochtig hooiland	**30 cm plaggen**	**Nat schraalland**
J	20	Vochtig hooiland	**30 cm plaggen + aanvullend verschralen**	**Nat schraalland**
K	20	Vochtig hooiland	20 cm plaggen	Vochtig hooiland
L	20	Vochtig hooiland	20 cm plaggen	Vochtig hooiland
M	20	Vochtig hooiland	20 cm plaggen	**Vochtig hooiland/Nat schraalland**
N	20	Vochtig hooiland	**30 cm plaggen**	**Nat schraalland**
O	20	Vochtig hooiland	20 cm plaggen + beperkt aanvullend verschralen	**Nat schraalland**
P	20	Vochtig hooiland	20 cm plaggen	Vochtig hooiland
Q	20	Vochtig hooiland	20 cm plaggen	Vochtig hooiland
R	20	Vochtig hooiland	**30 cm plaggen + beperkt aanvullend verschralen**	**Nat schraalland**
S	-	-	**20 cm plaggen**	**Vochtig hooiland**
T	-	-	**20 cm plaggen**	**Vochtig hooiland**
U	-	-	**30 cm plaggen + zeer beperkt aanvullend verschralen**	**Vochtig hooiland**
V	-	-	**20 cm plaggen**	**Vochtig hooiland**

5. TOETSING WATERPEILEN EN PLAGDIEPTEN

5.1 Inleiding

Op basis van het eerder uitgevoerde bodemonderzoek zijn door RPS in het schetsontwerp waterpeilen in combinatie met plagdiepten voorgesteld (van Buuren e.a., 2019). De vraag is of de toekomstige (zomer en winter) drooglegging optimaal is voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland. Bij het peilbeheer is rekening gehouden dat de hooilanden bij te lange inundatie niet goed beheerbaar (te nat) zijn en er zich te veel ganzen vestigen bij te hoge winterpeilen. Aan de andere kant zijn hogere waterstanden in de winter voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland wel noodzakelijk. Bij de keuze van de peilen en de plagdiepten in het ontwerp van RPS is een afweging gemaakt en deze afweging wordt in dit hoofdstuk getoetst. Hierbij worden de resultaten van de aanvullende bodemchemische analyses meegenomen.

Bij de detaillering van het schetsontwerp is op basis van de benodigde plagdiepte en de voorgestelde waterhuishouding, de conclusie getrokken dat het gebied niet geschikt is voor de ontwikkeling van Nat Schraalland (van Buuren e.a., 2019). De vereiste plagdiepten voor Nat schraalland zijn dermate groot dat een te groot deel van het gebied permanent onder water komt te staan. Peilverlaging is niet wenselijk vanwege het risico op veenoxidatie in de hoger gelegen, niet geplagde delen van het gebied. In dit hoofdstuk worden de potenties voor Nat schraalland nogmaals getoetst.

De toetsing is gemaakt voor alle percelen waar nu Vochtig hooiland is voorzien. Per perceel (1 t/m 7, 9 t/m 14, 17 en 18 in Figuur 5.1) is de toekomstige drooglegging bekeken en aangeven of het nodig is om de plagdiepte aan te passen. Belangrijke restrictie hierbij is dat de zomerpeilen niet lager mogen worden dan voorgesteld om te sterke bodemdaling (op de niet te vergraven delen) te voorkomen.

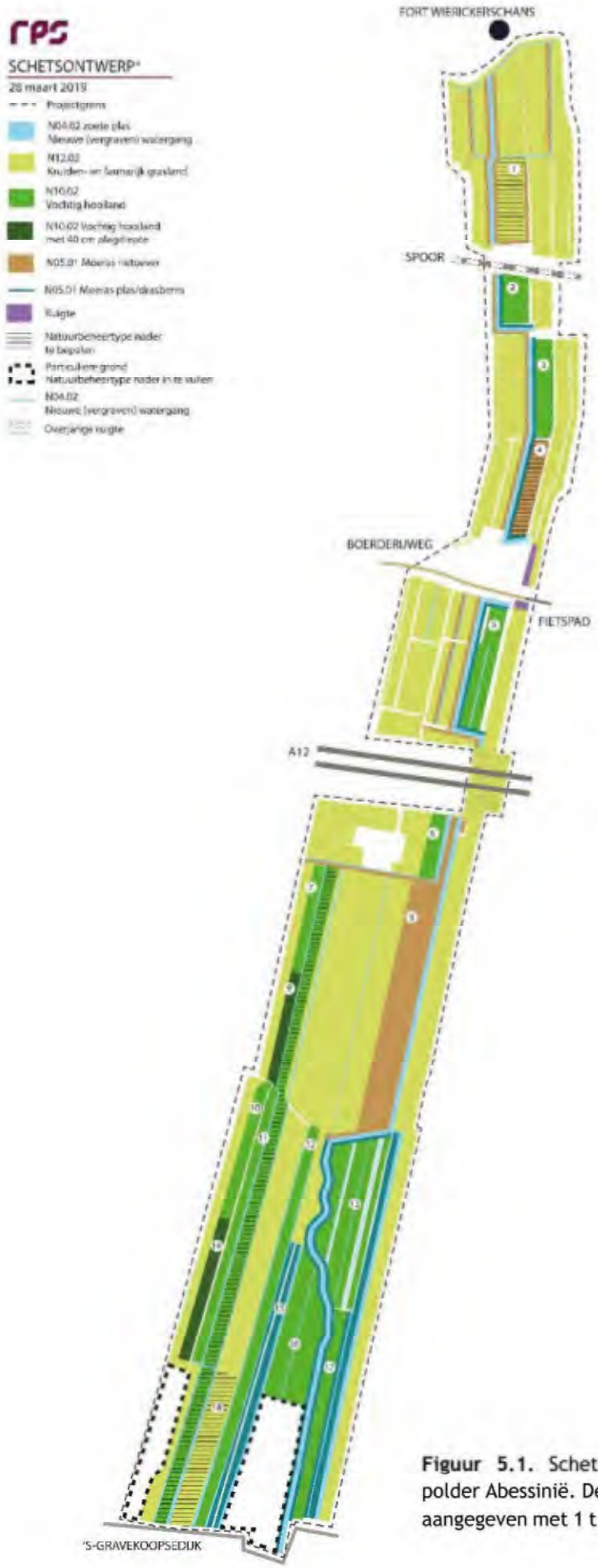
5.2 Toekomstige waterpeilen polder Westveen

In de Zuidzijderpolder en polder Abessinië worden nu vaste waterpeilen gehanteerd. In de detaillering van het schetsontwerp worden voor het gebied drie (dynamische) peilgebieden voorgesteld (Figuur 5.2):

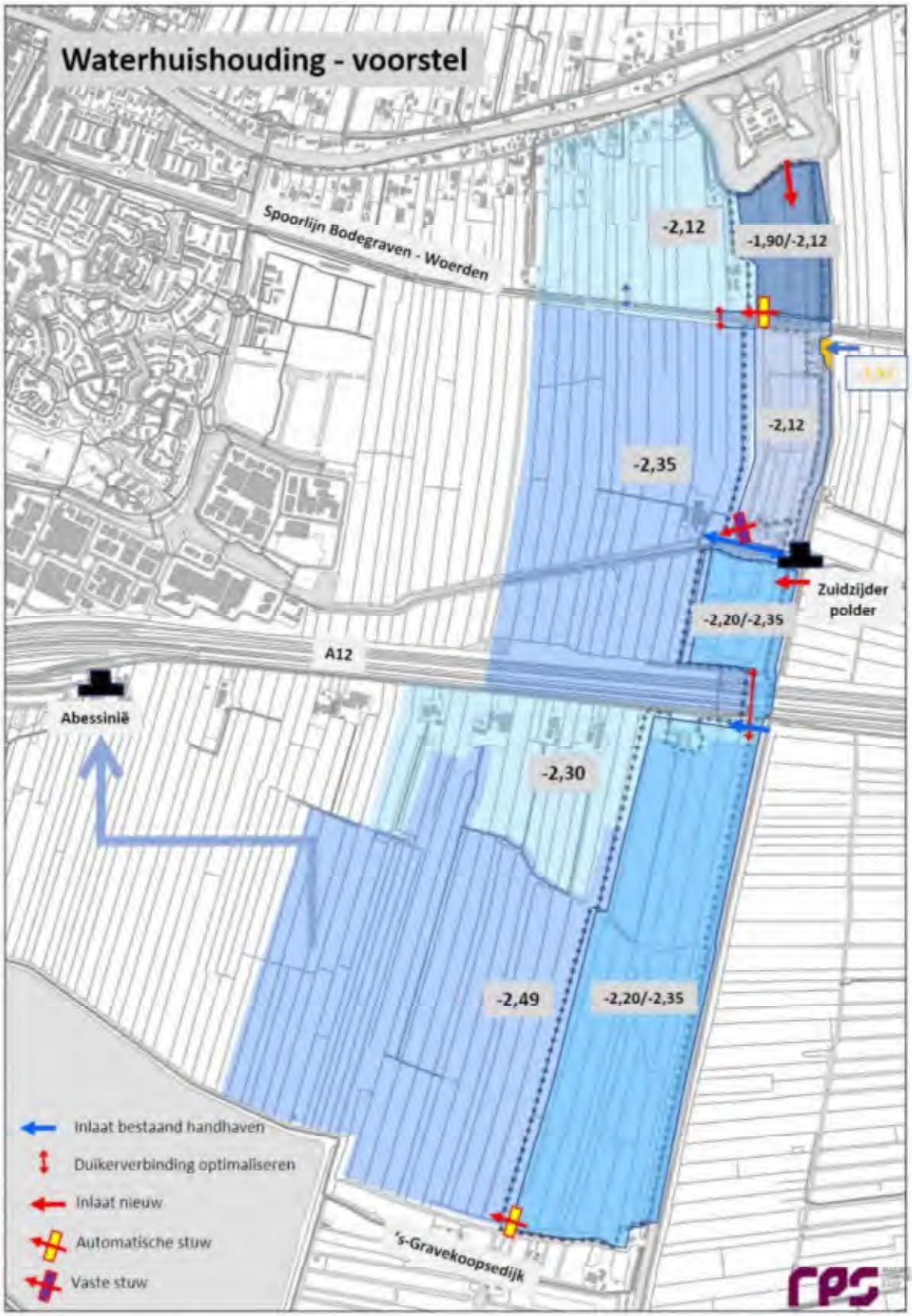
1. een dynamisch peil in de Zuidzijderpolder ten noorden van het spoor (maximum peil -1,90 m +NAP; minimum peil -2,12 m +NAP);
2. een vast peil van -2,12 m +NAP tussen het spoor en de Zuidzijderwetering;
3. een dynamisch peil in het gebied tussen de Zuidzijderwetering en de 's-Gravenkoopsedijk (maximum peil -2,20 m +NAP; minimum peil -2,35 m +NAP).

Op basis van de hoogtekaart (AHN3) en de voorgestelde oppervlaktewaterpeilen is door RPS een kaart gemaakt van de minimale en maximale toekomstige drooglegging (Figuur 5.3 en Figuur 5.4). Bij deze drooglegginskaart is nog geen rekening gehouden met een verlaging van het maaiveld door het verwijderen van de P-rijke toplaag (plaggen).

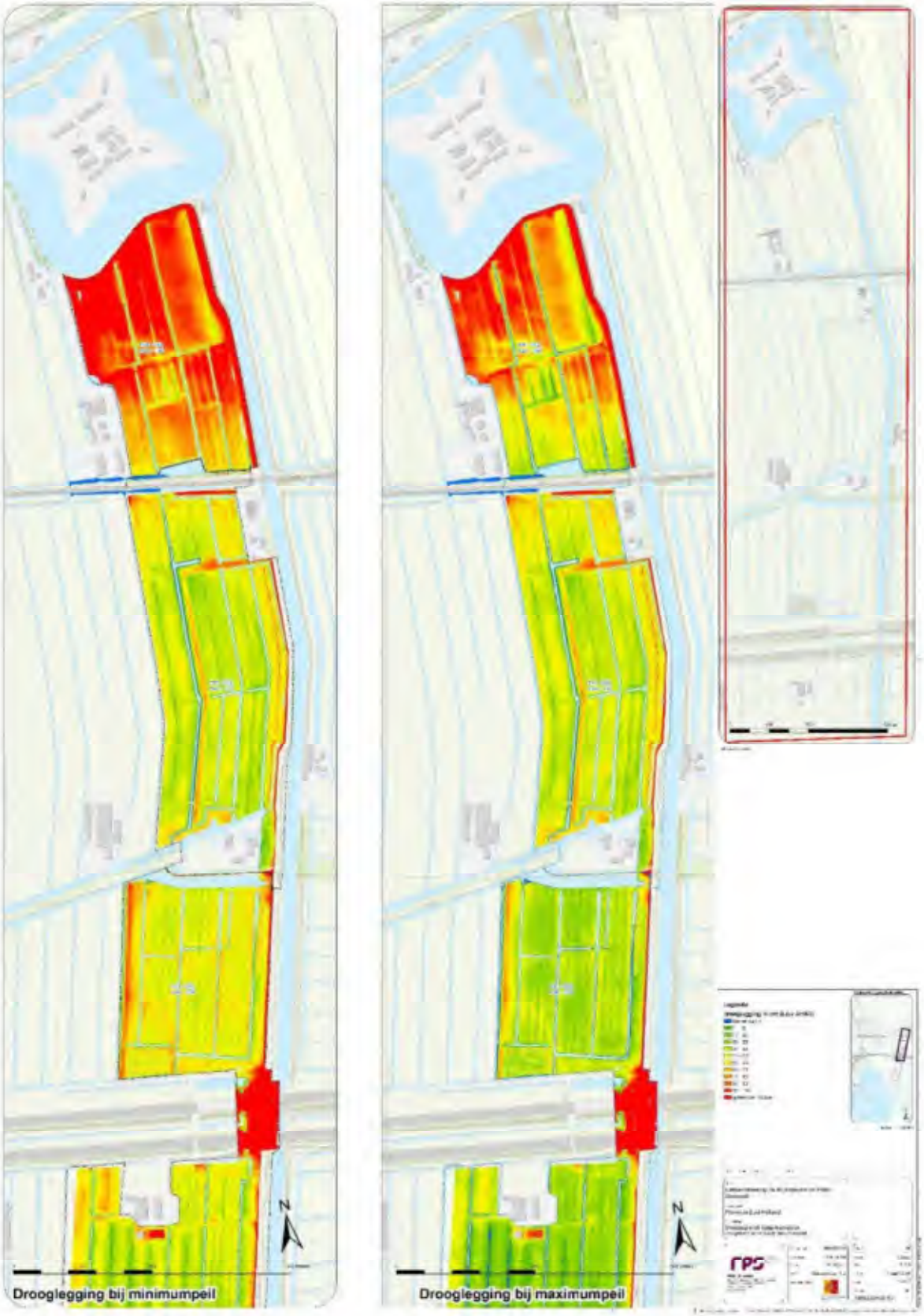
60266 0055



Figuur 5.1. Schetsontwerp voor de Zuidzijderpolder en polder Abessinië. De percelen waar geplagd gaat worden zijn aangegeven met 1 t/m 18. Bron: RPS (van Buuren e.a., 2019).



Figuur 5.2. Voorgestelde toekomstige waterpeilen Zuidzijderpolder en polder Abessinië. Bron: RPS (van Buuren e.a., 2019).

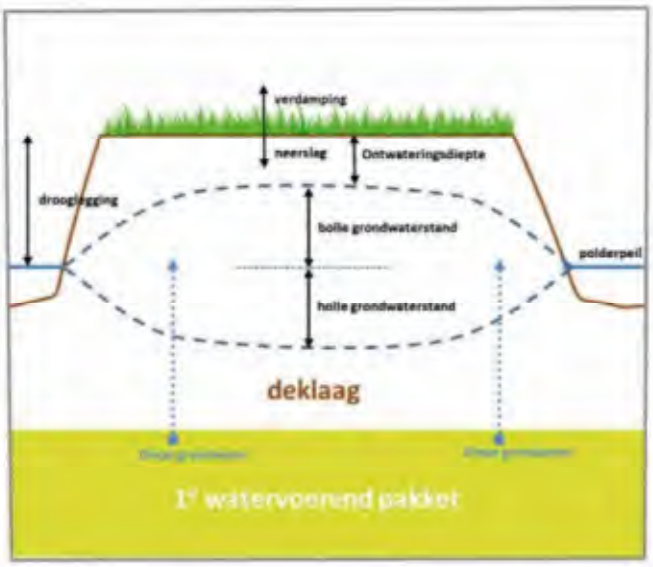


Figuur 5.3. Drooglegginsgskaart (op basis van AHN3) bij het voorgestelde minimum en maximum waterpeil van de Zuidzijderpolder. Bron: RPS (van Buuren e.a., 2019).

Figuur 5.4. Drooglegginsgskaart (op basis van AHN3) bij het voorgestelde minimum en maximum waterpeil van polder Abessinië. Bron: RPS (van Buuren e.a., 2019).

Tabel 5.1. In het schetsontwerp voorgestelde plagdiepte, maximale plagdiepte (= maaiveldhoogte - maximale polderpeil), gemiddelde maaiveldhoogte, voorgestelde minimale en maximale waterpeil, GLG en GHG zonder plaggen en GLG en GHG na plaggen tot de voorgestelde diepte voor de percelen die aangewezen zijn voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland. Voor het bepalen van de GLG is uitgegaan dat het waterpeil in de percelen tot 20 cm lager wegzakt dan het slootpeil en voor de GHG is uitgegaan van een opbolling van het waterpeil in de percelen met 20 cm (zie Figuur 5.5). Opbolling van het grondwater kan maximaal plaatsvinden tot aan maaiveldhoogte wanneer het maaiveld hoger ligt dan polderpeil. Een GHG na plaggen van +1 tot +20 cm-mv zal in de praktijk betekenen een GHG rond maaiveld (groen gearceerd weergegeven). Hydrologische knelpunten (GHG > +20 cm-mv) zijn rood gearceerd. Voor nummering van de percelen zie Figuur 5.1. Perceel 8 en 15 zijn niet in de tabel opgenomen omdat deze niet zijn aangewezen voor Vochtig hooiland maar voor Moeras. Bron: RPS (van Buuren e.a., 2019).

Perceel	Plagdiepte	Max. plagdiepte	Maaiveld hoogte	Min. peil	Max. peil	GLG	GHG	GLG na plaggen	GHG na plaggen
	cm	cm	m +NAP	m +NAP	m +NAP	cm-mv	cm-mv	cm-mv	cm-mv
1	30	40	-1,50	-2,12	-1,90	82	20	52	+10
2	30	42	-1,70	-2,12	-2,12	62	22	32	+8
3	30	32	-1,80	-2,12	-2,12	52	12	22	+18
4	30	32	-1,80	-2,12	-2,12	52	12	22	+18
5	30	37	-1,83	-2,35	-2,20	72	17	42	+13
6	20	40	-1,80	-2,35	-2,20	75	20	55	0
7	20	50	-1,70	-2,35	-2,20	85	30	65	10
9	40	50	-1,70	-2,35	-2,20	85	30	45	+10
10	30	30	-1,90	-2,35	-2,20	65	10	35	+20
11	20	30	-1,90	-2,35	-2,20	65	10	45	+10
12	30	28	-1,92	-2,35	-2,20	63	8	33	+22
13	20	22	-1,98	-2,35	-2,20	57	2	37	+18
14	40	50	-1,70	-2,35	-2,20	85	30	45	+10
16	20	33	-1,87	-2,35	-2,20	68	13	48	+7
17	20	31	-1,89	-2,35	-2,20	66	11	46	+9
18	30	29	-1,91	-2,35	-2,20	64	9	34	+21



Figuur 5.5. Schematisch overzicht van het grondwaterpeil in polders. Het grondwaterpeil wordt gestuurd door het polderpeil, neerslag, verdamping, kwel en wegzijging. In natte periode kan er een opbolling van het grondwater in de percelen optreden van ca. 20 cm. In droge perioden kan de grondwaterstand met ca. 20 cm beneden polderpeil uitzakken. Bron: RPS (van Buuren e.a., 2019).

5.3 Voorgestelde plagdiepten in relatie tot waterpeilen

Voorgestelde plagdiepten schetsontwerp RPS

In het schetsontwerp van RPS is voor de percelen waar Vochtig hooiland is voorzien een plagdiepte voorgesteld (Tabel 5.1). Bij het vaststellen van deze plagdiepte is rekening gehouden met de waterstanden na verlaging van het maaiveld door het plaggen. De waterstanden in de percelen worden niet alleen bepaald door het polderpeil, maar neerslag en kwel zorgen in natte perioden voor een opbolling van de waterstand ten opzichte van polderpeil met ca. 20 cm (Figuur 5.5). Verdamping en wegzijging kunnen in droge perioden zorgen voor het uitzakken van de waterstand in de percelen met ca. 20 cm ten opzichte van polderpeil. De natuurverbinding ligt in een wegzijgingsgebied en lokaal zakken de grondwaterstanden in de percelen zelfs tot 40 cm onder oppervlaktewaterpeil uit (van Buuren e.a., 2019).

Per perceel zijn op basis van de gemiddelde maaiveldhoogte en voorgestelde polderpeil de GLG en GHG berekend zonder en met maaiveldverlaging door plaggen (Tabel 5.1). Na plaggen zal de GHG op vrijwel alle locaties rond maaiveld komen te liggen. Voor Vochtig hooiland is tijdelijke inundatie (max. 10-20 cm boven maaiveld) in de winterperiode geen probleem, maar het risico bestaat dat het gebied dan te aantrekkelijk wordt voor overwinterende ganzen. Grote aantallen ganzen kunnen zorgen voor een flinke bemesting (vooral fosfor en stikstof). Wat betreft de maximale plagdiepte kan als richtlijn gehanteerd worden dat de hoogte van het maaiveld na plaggen (zeker) niet lager mag worden dan het maximale polderpeil. Op perceel 12 en 18 is de voorgestelde plagdiepte net iets groter en zal er in de natte periode enkele cm water op maaiveld komen te staan. Op perceel 1, 3, 6, 7, 9, 11, 14, 16 en 17 is er wel ruimte om de plagdiepte aan te passen indien dit wenselijk is vanuit het oogpunt van de fosfaatbeschikbaarheid.

De GLG na plaggen varieert van 22 tot 65 cm (Tabel 5.1). Om het fosfaatbindende vermogen van de bodem op peil te houden is het belangrijk dat het grondwater in de zomer minimaal 20-30 cm kan uitzakken. Aan deze voorwaarde voldoet de GLG op alle percelen en is er ruimte om bij de voorgestelde polderpeilen de plagdiepte aan te passen indien dit wenselijk is vanuit het oogpunt van de fosfaatbeschikbaarheid.

Met de voorgestelde polderpeilen lijkt er op een aantal locaties dus nog ruimte te zijn om de plagdiepte aan te passen, zodat de fosfaatbeschikbaarheid mogelijk wel laag genoeg wordt voor de ontwikkeling van Nat schraalland. Dit is wel op basis van de gemiddelde hoogte van de percelen, waarbij de lagere delen van de percelen mogelijk toch te nat gaan worden met het risico dat ze aantrekkelijk worden voor overwinterende ganzen.

Aanpassing plagdiepten op basis van aanvullend bodemonderzoek

Op basis van het aanvullende bodemchemische onderzoek (Hoofdstuk 4) zijn voor een aantal percelen de voorgestelde plagdiepten aangepast (Tabel 4.2). In deze paragraaf worden de aangepaste plagdiepten getoetst aan de toekomstige waterstanden in de percelen. Voor perceel 1, 4, 6, 10, 12, 14 en 18, zijn geen aanvullende bodemmonsters geanalyseerd om de geadviseerde plagdiepte te controleren.

Voor de meeste locaties van het aanvullende bodemonderzoek lijkt het geen probleem om de plagdiepte aan te passen (Tabel 5.2). Deze afweging is gemaakt op basis van de maaiveldhoogte van de betreffende locatie en kan voor lagergelegen delen van de percelen net anders uitpakken. Op locatie G van het aanvullende bodemonderzoek kan de plagdiepte niet aangepast worden naar 35 cm omdat op deze relatief laaggelegen locatie (Figuur 5.6) dan zowel de GLG als GHG (veel) te

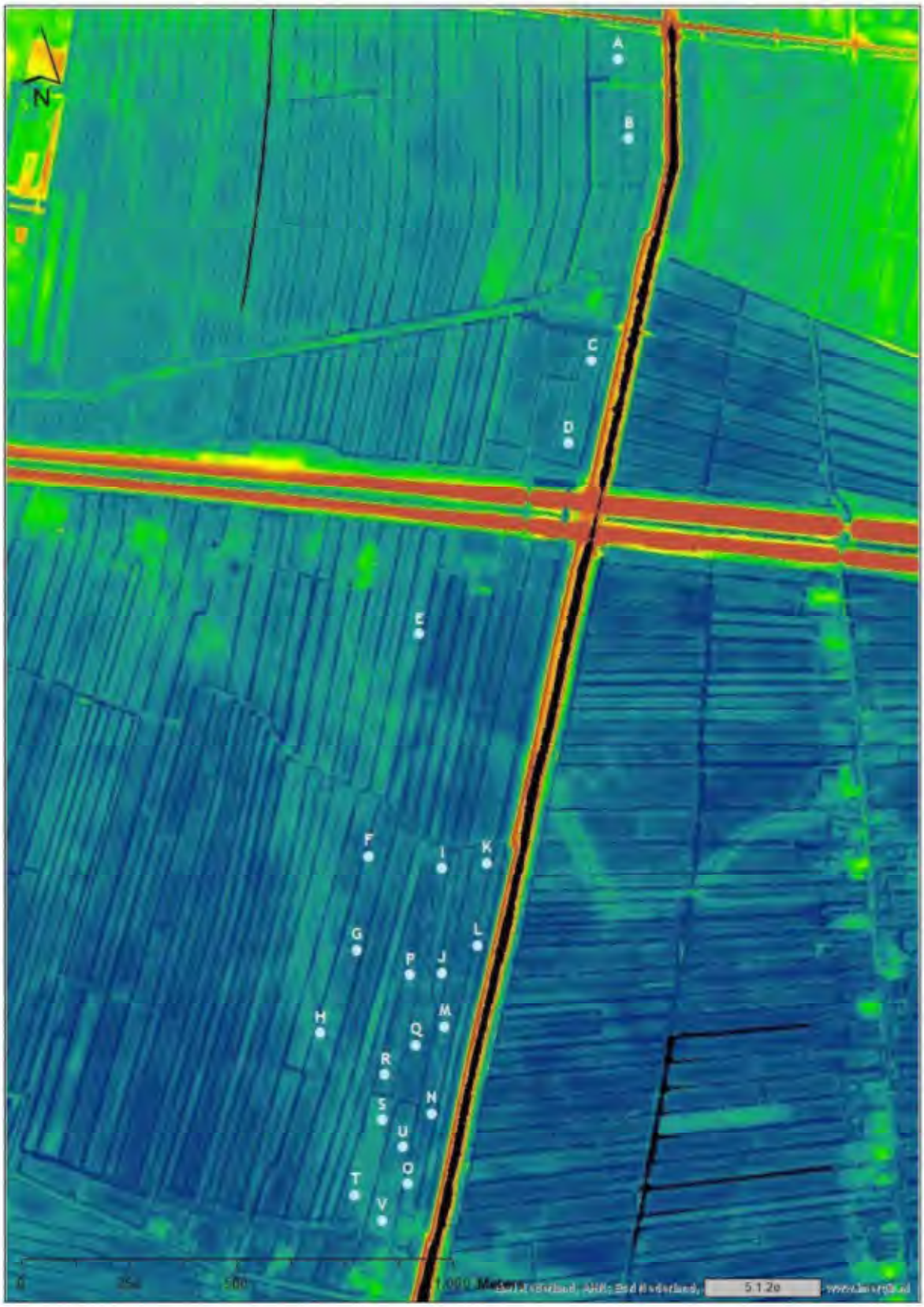
60266 0055

hoog worden (Tabel 5.2). Op locatie C en N van het aanvullende bodemonderzoek wordt de GHG waarschijnlijk te hoog wanneer de plagdiepte wordt aangepast.

Tabel 5.2. In het schetsontwerp voorgestelde plagdiepte met natuurbeheertype, locatie aanvullende bodemonderzoek, bijgestelde natuurbeheertype en plagdiepte (aangepaste diepte is vetgedrukt weergegeven), maaiveldhoogte en GLG en GHG na plaggen tot de bijgestelde plagdiepte en bij de toekomstige polderpeilen. Voor het bepalen van de GLG is uitgegaan dat het waterpeil in de percelen tot 20 cm lager wegzakt dan het slootpeil en voor de GHG is uitgegaan van een opbolling van het waterpeil in de percelen met 20 cm (zie Figuur 5.5). Opbolling van het grondwater kan maximaal plaatsvinden tot aan maaiveldhoogte wanneer het maaiveld hoger ligt dan polderpeil. Een GHG na plaggen van +1 tot +20 cm-mv zal in de praktijk betekenen een GHG rond maaiveld (groen gearceerd weergegeven). Voor nummering van de percelen zie Figuur 5.1. Hydrologische knelpunten zijn rood gearceerd.

Perceel	Plagdiepte schetsontwerp	Locatie aanvullend bodemonderzoek	Bijgesteld natuurbeheertype	Bijgestelde plagdiepte	Maaiveld hoogte	GLG na plaggen	GHG na plaggen
	cm			cm	m+NAP	cm-mv	cm-mv
1	30	x	x	x	x	x	x
2	30	A	Vochtig hooiland	30	-1,692	33	+7
3	30	B	Vochtig hooiland	**35**	-1,693	28	+12
4	30	x	x	x	x	x	x
5	30	C	Vochtig hooiland	**35**	-1,877	31	+23
		D	Vochtig hooiland	30	-1,887	35	+19
6	20	x	x	x	x	x	x
7	20	E	Vochtig hooiland	**30**	-1,879	36	+18
9	40	E	Vochtig hooiland	**30**	-1,879	36	+18
10	30	x	x	x	x	x	x
11	20	F	Nat schraalland	**30**	-1,879	36	+18
		G	Nat schraalland	**35**	-2,021	17	-37
		H	Vochtig hooiland	**30**	-1,788	45	+9
12	30	x	x	x	x	x	x
13	20	I	Nat schraalland	**30**	-1,895	35	+20
		J	Nat schraalland	**30**	-1,860	38	+16
		K	Vochtig hooiland	20	-1,983	36	+18
		L	Vochtig hooiland	20	-1,963	38	+16
14	40	x	x	x	x	x	x
16	20	P	Vochtig hooiland	20	-1,858	48	+6
		Q	Vochtig hooiland	20	-1,997	34	+20
		R	Nat schraalland	**30**	-1,807	43	+11
17	20	M	Vochtig hooiland	20	-1,852	49	+5
		N	Nat schraalland	**30**	-1,943	30	+24
		O	Nat schraalland	20	-1,816	52	+2
18	30	x	x	x	x	x	x
		S	Vochtig hooiland	20	-1,694	65	11
		T	Vochtig hooiland	20	-1,809	53	+1
		U	Vochtig hooiland	30	-1,883	36	+18
		V	Vochtig hooiland	20	-1,804	54	0

60266 0055



Figuur 5.6. Hoogtekaart van het onderzoeksgebied met de locaties van het aanvullende bodemonderzoek (locatie A t/m V). Ondergrond: AHN3.

Locatie C ligt in perceel 5 en het voorgestelde dynamische polderpeil ligt tussen -2,20 en -2,35 m +NAP (Tabel 5.1). Het huidige polderpeil is -2,35 m +NAP, dus het voorstel is om in dit peilvak het winterpeil met 15 cm te verhogen tot -2,20 m +NAP. Door deze peilverhoging ligt de maximale plagdiepte op ca. 30 cm en is het op locatie C niet mogelijk om de volledige bouwvoor te verwijderen. Locatie D ligt ook in perceel 5 en de bouwvoor is op deze locatie 30 cm dik, waardoor hier wel de volledige bouwvoor verwijderd kan worden. De verwachting is dat bij 30 cm plaggen van perceel 5 voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland er lokaal een restant van de P-rijke bouwvoor achter zal blijven, maar dat verruiging met aanvullend verschralingsbeheer te voorkomen is.

Locatie G ligt, samen met locatie F en H, in perceel 11 met een in het schetsontwerp geadviseerde plagdiepte van 20 cm en een voorgesteld dynamisch polderpeil tussen -2,20 en -2,35 m +NAP (Tabel 5.1). Het huidige polderpeil is -2,49 m +NAP, dus het voorstel is om in dit peilvak het winterpeil met 29 cm te verhogen tot -2,20 m +NAP en het zomerpeil met 14 cm tot 2,35 m +NAP. Door deze peilverhoging ligt de maximale plagdiepte op deze laaggelegen locatie op 18 cm en is het niet mogelijk om de volledige bouwvoor te verwijderen. De dikte van de bouwvoor in het perceel varieert van 25 tot 40 cm en zowel op locatie F, G als H is plaggen van 20 cm onvoldoende voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland. Op locatie F en H is de veenbodem voldoende schraal op 30 cm, maar op locatie G is de onderkant van de 35 cm dikke bouwvoor nog rijk aan P. Wanneer op deze lagergelegen locatie 20 cm wordt geplagd is langdurig (ca. 30 jaar) verschralingsbeheer nodig om de P-beschikbaarheid voldoende te reduceren voor Vochtig hooiland (de bouwvoor is sterker gebufferd dan het onderliggende veen; Tabel 4.1). Ook voor de ontwikkeling van Kruiden- en faunarijkgrasland is de bodem nog te fosfaatrijk na 20 cm plaggen (Olsen-P > 1200 µmol/l bodem; Tabel 4.1). Gezien de variatie in bouwvoordikte in perceel 11, zal na 30 cm plaggen van de hoger gelegen delen waarschijnlijk lokaal de P-beschikbaarheid met aanvullend verschralingsbeheer verder gereduceerd moeten worden. De mate van buffering van de bodem varieert binnen het perceel, waarbij in het noordelijke deel van het perceel kansen liggen voor Nat schraalland.

Locatie N ligt, samen met locatie M en O, in perceel 17 met een in het schetsontwerp geadviseerde plagdiepte van 20 cm. Op alle locaties heeft de bouwvoor een dikte van 30 cm, maar op locatie N is de onderkant van de bouwvoor (20-30 cm-mv) wat rijker aan P waardoor het advies is om 30 cm te plaggen in plaats van 20 cm. De bodem in perceel 17 is matig gebufferd (vooral op locatie 14), waardoor een ontwikkeling richting Nat schraalland waarschijnlijker is. De verwachting is dat bij 20 cm plaggen van perceel 17 voor de ontwikkeling van Nat schraalland/Vochtig hooiland de achtergebleven bouwvoor lokaal zal zorgen voor verruiging. Het is lastig om vooraf in te schatten over welk oppervlak verruiging zal optreden. Om locatie N voldoende te verschralen voor Nat schraalland is ca. 23 jaar maaien en afvoeren noodzakelijk (Tabel 4.1).

Locatie S, T, U en V liggen in twee percelen die nog niet eerder bodemchemisch zijn onderzocht. Het advies is om het westelijke perceel 20 cm te plaggen en het oostelijke perceel 30 cm te plaggen voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland. Voor locatie V is de plagdiepte daarmee aangepast van 20 naar 30 cm om het risico op verruiging te reduceren (locatie U op hetzelfde perceel is rijker aan P) en vanwege het feit dat de mate van buffering van de bodem toeneemt met de diepte.

60266 0055

Samenvatting advies op basis van bodemchemie en hydrologie

In Tabel 5.3 worden de op basis van de hydrologische situatie na plaggen, de bijgestelde adviezen gegeven. Deze adviezen zijn bijgesteld voor locatie C, G en N van het aanvullende bodemonderzoek. Op deze locaties zal langdurig verschraald moeten worden om Op locatie V is de plagdiepte aangepast van 20 naar 30 cm om het risico op verruiging te reduceren en vanwege het feit dat de mate van buffering van de bodem toeneemt met de diepte. Voor een ruimtelijke weergave van het advies zie Figuur 5.8.

5.4 Waterkwaliteit sloten

Huidige waterkwaliteit sloten

In natte perioden zal bij het toekomstige peilbeheer op de geplagde percelen het slootpeil dicht bij maaiveldhoogte komen te liggen. Het is dan belangrijk dat de sloten een goede waterkwaliteit hebben. Ter hoogte van de natuurverbinding liggen in de Zuidzijderpolder en polder Abessinië drie waterkwaliteitsmeetpunten (van Buuren e.a., 2019). Het oppervlaktewater blijkt stikstofrijk (136-342 µmol totaal-N/l) en lokaal (zeer) rijk aan fosfor (4,2-15,8 µmol totaal-P/l) te zijn. Voor de gewenste natuurontwikkeling is het belangrijk dat niet alleen de nutriëntenbeschikbaarheid van de percelen, maar ook van de sloten wordt gereduceerd. De waterkwaliteit in veenweidesloten wordt in belangrijke mate beïnvloed door het gevoerde peilbeheer en de grondwaterstandsfluctuaties in de aangrenzende percelen (Smolders e.a., 2013a).

Tabel 5.3 - volgende pagina. Advies voor de percelen waar geplagd wordt voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland. Per perceel is in de tabel opgenomen: in het schetsontwerp voorgestelde plagdiepte, locatie aanvullende bodemonderzoek, bijgestelde plagdiepte (in cm, * = plagdiepte is bijgesteld op basis van hydrologie) en natuurbeheertype (VH = Vochtig hooiland en NS = Nat schraalland), kansrijkdom (afhankelijk van Olsen-P streefconcentratie (optimaal of suboptimaal) en noodzakelijk aanvullend verschralingsbeheer (+ = < 10 jaar, ++ = 10-25 jaar en +++ = > 25 jaar maaien en afvoeren, GLG en GHG na plaggen tot de bijgestelde plagdiepte en bij toekomstige polderpeil. Voor het bepalen van de GLG is uitgegaan dat het waterpeil in de percelen tot 20 cm lager wegzakt dan het slootpeil en voor de GHG is uitgegaan van een opbolling van het waterpeil in de percelen met 20 cm (zie Figuur 5.5). Opbolling van het grondwater kan maximaal plaatsvinden tot aan maaiveldhoogte wanneer het maaiveld hoger ligt dan polderpeil. Een GHG na plaggen van +1 tot +20 cm-mv zal in de praktijk betekenen een GHG rond maaiveld (groen gearceerd weergegeven). Hydrologische knelpunten zijn rood gearceerd. Voor de locaties van het aanvullende bodemonderzoek is de bodemchemie van de nieuwe toplaag weergegeven waarbij Grondsoort = bodemtype op basis van de profielbeschrijvingen (zie Bijlage 1; bv = bouwvoor); HZT = bodemhorizont; OS = percentage organische stof (gloeiverlies); Ols-P = plantenbeschikbaar fosfaat (Olsen-P) in µmol per liter bodem; -t = totaalconcentratie in mmol per liter bodem; SCM = totaal-S/(Ca+Mg) ratio in mol/mol (rood is ongunstig: > 0,67); -z = concentratie in een zoutextract (in µmol per liter bodem), pH-z = pH in een zoutextract; BV = indicatieve basenverzadiging; M3 = indicatieve verschralingsduur (in jaren) per bodemlaag door middel van jaarlijks maaien en afvoeren op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 300 µmol/l. M5 en 8 = idem, echter op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 en 800 µmol/l. Op basis van de correlatie tussen de concentratie Ca-t en Ca-z (Figuur 4.4) is de Ca-z concentratie berekend (cursief weergegeven). Voor de gebruikte arcering zie het bijschrift van Tabel 4.1. Voor een ruimtelijke weergave en voor de nummering van de percelen zie Figuur 5.8.

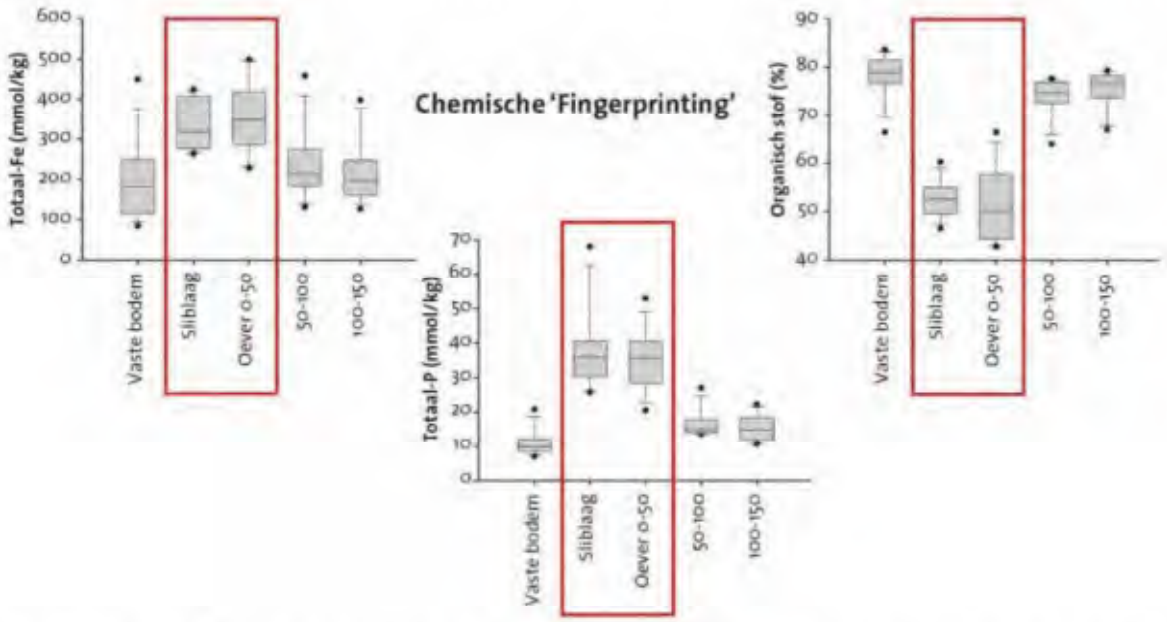
60266 0055

Perceel	Plagdiepte SO	Loc. aanv. onderzoek	Aangepaste plagdiepte	Beheer type	Kansrijk dom	GLG na plaggen	GHG na plaggen	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	Mg-t	S-t	SCM	Al-z	Ca-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO_3-z	NH_4-z	M3	M5	M8
1	30	x	30	VH		52	0																							
2	30	A	30	VH		33	+7	30-40	klei, matig siltig en humeus, bv	Ap	16	824	11,0	952	112	419	167	38	0,14	225	40164	11009	4,6	99	1	231	13	22	14	1
3	30	B	35	VH		28	-12	40-50	bosveen, sterk kleiig en veraard	O	47	402	11,1	345	86	167	47	101	0,76		23772								9	6	2
4	30	x	30	VH		22	0																							
5	30	C	30*	VH		31	-18	30-40	overgangslaag van klei naar bosveen	Ap/O	24	753	11,7	972	98	314	128	53	0,24	309	34314	8047	4,2	98	1	171	47	22	12	0
		D	30	VH		35	-19	30-40	bosveen, sterk kleiig en veraard	O	29	811	11,5	702	84	190	93	73	0,41	402	30921	6385	4,2	98	2	314	22	23	14	0
6	20	x	20	VH		55	0																							
7	20	E	30	VH	+	36	-18	30-40	bosveen, sterk kleiig en veraard	O	26	962	15,3	813	117	402	112	57	0,25	399	37632	9482	4,7	99	2	343	15	33	23	8
9	40	E	30	VH	+	36	-18	30-40	bosveen, sterk kleiig en veraard	O	26	962	15,3	813	117	402	112	57	0,25	399	37632	9482	4,7	99	2	343	15	33	23	8
10	30	x	30	VH		35	0																							
11	20	F	30	NS		36	-18	30-40	bosveen, sterk veraard	O	42	402	11,6	379	47	269	46	61	0,66		15622								9	10	2
		G	20*	VH	++	32	-2	20-30	veen, bv	Ap	43	1388	20,3	318	108	162	41	106	0,71	626	34632	5806	3,8	96	4	1037	136	50	41	27
		H	30	VH		45	-9	30-40	veen, bv	Ap	22	777	20,7	902	85	338	117	41	0,20		26412								40	23	9
12	30	x	30	VH		33	-3																							
13	20	I	30	NS		35	+20	30-40	overgang venige bouwvoor - bosveen	Ap/O	50	387	8,7	320	38	150	32	88	1,26		13193								6	10	7
		J	30	NS	+	38	-16	30-40	bosveen, sterk kleiig en veraard	O	42	636	10,0	419	32	196	43	73	0,96		13212								16	7	0
		K	20	VH		36	-18	20-30	klei, sterk humeus, matig siltig, bv	Ap	41	614	7,7	404	62	148	38	73	0,73	718	24612	4763	3,8	95	1	216	29	12	4	0
		L	20	VH		38	-16	20-30	veen, bv	Ap	48	494	9,8	355	104	126	34	92	0,66	201	33368	4794	4,4	98	2	1622	65	12	2	0
14	40	x	40	VH		45	0																							
16	20	P	20	VH		48	+6	20-30	klei, sterk siltig en humeus, bv	Ap	31	578	11,6	561	65	268	67	43	0,33	332	23239	7236	4,2	98	2	249	24	17	5	0
		Q	20	VH		34	-20	20-30	veen, veraard	Ap	39	725	11,7	439	88	164	49	83	0,61	499	25572	9544	4,1	97	1	346	14	21	11	0
		R	30	NS	+	43	-11	30-40	bosveen, sterk kleiig en veraard	O	45	483	11,8	273	44	164	26	63	0,90		13924								14	10	2
17	20	M	20	VH/NS		49	+5	20-30	veen, sterk kleiig, bv	Ap	43	618	10,8	410	44	170	36	79	0,98	1535	20703	5387	3,7	89	2	5103	752	17	6	0
		N	20*	NS	++	40	-14	20-30	bosveen, sterk kleiig en veraard, bv	Ap	34	987	14,9	618	33	183	63	40	0,42	920	14193	3632	3,9	91	2	1174	14	32	23	9
		O	20	NS	+	52	-2	20-30	bosveen, sterk kleiig en veraard, bv	Ap	40	539	11,5	324	40	178	29	79	1,15	1685	18095	6593	3,7	89	3	989	29	16	3	0
18	30	x	30	VH		34	-1																							
		S	20	VH		65	11	20-30	veen, sterk kleiig, bv	Ap	28	579	16,0	1161	148	320	141	59	0,21	61	33781	9050	4,8	100	2	330	41	24	7	0
		T	20	VH		53	+1	20-30	veen, sterk kleiig, bv	Ap	32	558	14,1	1009	137	315	124	62	0,24	43	27907	9830	4,9	100	1	309	31	20	5	0
		U	30	VH	+	36	+18	30-40	bosveen, sterk kleiig en veraard	O	37	830	12,5	770	108	217	84	94	0,49	207	30301	8446	4,5	98	2	497	42	25	16	1
		V	30*	VH		44	0	30-40	bosveen, sterk veraard	O	44	457	10,8	629	155	186	76	88	0,38	54	31405	9291	5,1	100	2	313	32	12	4	0

Kansrijkdom:

	Olsen-P ligt onder optimale streefconcentratie (NS: 300 µmol/l en VH: 500 µmol/l)
	Olsen-P ligt onder suboptimale streefconcentratie (NS: 500 µmol/l en VH: 800 µmol/l)
+	Olsen-P ligt boven suboptimale streefconcentratie, maar er is minder dan 10 jaar aanvullend verschralingsbeheer nodig
++	Olsen-P ligt boven suboptimale streefconcentratie en er is 10-25 jaar aanvullend verschralingsbeheer nodig
+++	Olsen-P ligt boven suboptimale streefconcentratie en er is meer dan 25 jaar aanvullend verschralingsbeheer nodig

Figuur 5.7. Ruimtelijke weergave van het advies voor de percelen waar geplagd wordt voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland. Het advies is in tabelvorm opgenomen in Tabel 5.3, waarbij op basis van de Olsen-P concentratie na plaggen (optimaal of suboptimaal) en eventueel aanvullend verschralingsbeheer per locatie de kansrijkdom is aangegeven.



Figuur 5.8. Data uit polder Stein waaruit blijk dat de kwaliteit van de sliblaag in belangrijke mate wordt bepaald door de erosie van bodemdeeltjes uit de aangrenzende oever van omringende percelen. Naar Poelen & Smolders (2015).

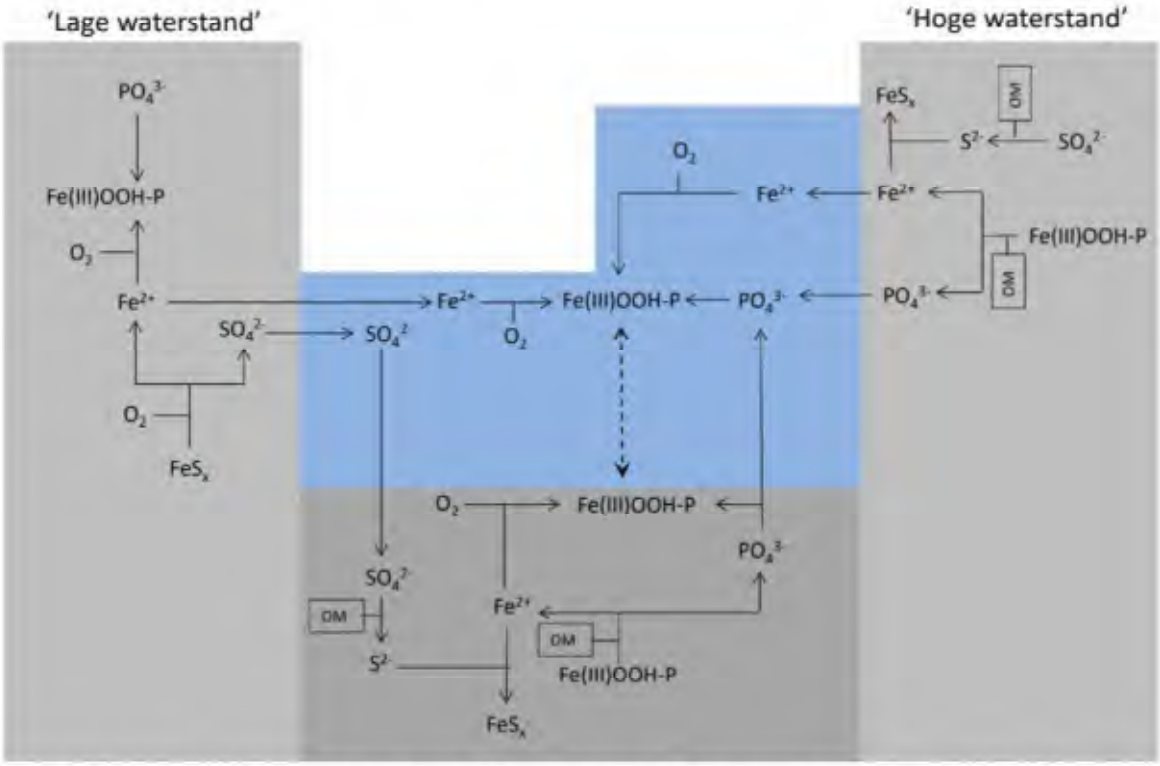
De voedselrijkdom van de waterbodem van veenweidesloten wordt in belangrijke mate bepaald door de erosie van bodemdeeltjes uit de omringende weilanden (Poelen & Smolders, 2015; Smolders e.a., 2017; Figuur 5.7). Omdat de veenweiden rijk zijn aan nutriënten zijn ook de waterbodems rijk aan nutriënten. Als gevolg van reductieprocessen wordt in de anaerobe waterbodems fosfaat en ammonium vrijgemaakt, dat beschikbaar komt in het poriewater van de bodem. Wortelende waterplanten die op de bodem groeien kunnen dit direct opnemen. Daarnaast kunnen er door nalevering vanuit de waterbodem en door uitspoeling uit de percelen of inlaat van oppervlaktewater ook nutriënten in de waterlaag terecht komen. In de verbindingszone Zuidzijderpolder en polder Abessinië zal in de sloten een voedselrijke (slib)bodem aanwezig zijn. Het is daarom belangrijk om niet alleen de fosfaatbeschikbaarheid in de percelen te reduceren, maar ook maatregelen te nemen (baggeren) om de waterkwaliteit in de veenweidesloten te verbeteren. In de volgende paragraaf wordt het effect van peilbeheer op de waterkwaliteit in e sloten beschreven.

Effect peilbeheer op waterkwaliteit

De grondwaterstand in de percelen speelt een belangrijke rol in de fosfaatbindingscapaciteit van de bodem, en daarmee in de potentiële uitspoeling van nutriënten naar de waterlaag (Smolders e.a., 2013b; van Diggelen e.a., 2014; Figuur 5.9). Bij een relatief lage grondwaterstand, gedurende drogere periodes of bij ontwatering, dringt er meer zuurstof door in de bodem waardoor er oxidatie van gereduceerde ijzerverbindingen (waaronder FeS_x) kan plaatsvinden (Figuur 5.9; Lucassen e.a., 2005). Het geoxideerde ijzer kan goed fosfaat binden, waardoor dit wordt geïmmobiliseerd en de fosfaatconcentratie in het bodemwater laag blijft. Als gevolg van de oxidatie van gereduceerd zwavel zal er echter wel sulfaat vrijkomen (de veenbodems zijn rijk aan zwavel; Tabel 3.1). Tijdens lagere grondwaterstanden accumuleert er dan ook sulfaat in de bodem, terwijl de fosforbeschikbaarheid laag blijft.

Bij stijgende grondwaterstanden in de percelen kan het sulfaat dat in de zomer is vrijgekomen bij de oxidatie van de (veen)bodems uitspoelen naar de waterlaag. Wanneer de grondwaterstand stijgt en de bodem anaeroob wordt, wordt het geoxideerde ijzer weer gereduceerd en komt ijzergebonden fosfaat weer vrij in oplossing. Tijdens hoge grondwaterstanden wordt het fosfaat (en ook het ijzer) dus mobiel en is de sulfaatconcentratie juist laag (Figuur 5.9). Tijdens deze omstandigheden kan de potentiële uitspoeling van fosfor en soms ook ijzer naar het oppervlaktewater hoog zijn.

Door sterk wisselende grondwaterstanden wordt het oppervlaktewater in de loop van de tijd belast met ijzer, fosfor en sulfaat. De mate waarin dit gebeurt, hangt af van bodemeigenschappen van de percelen en de dynamiek van het systeem. Het fosfor wordt in de toplaag van de bodem (of in de waterlaag) gebonden aan geoxideerd ijzer. De ijzeroxides kunnen worden gereduceerd in de waterbodems waarbij ijzer en fosfaat vrijkomen. IJzer en fosfaat uit de waterbodem diffunderen richting de waterlaag waar het ijzer in het geoxideerde toplaagje van de bodem kan worden geoxideerd. Aan dit geoxideerde ijzer in de toplaag van de waterbodem bindt het fosfaat waardoor de fosfaatnalevering laag blijft. Ook sulfaat kan in de anaerobe waterbodem als alternatieve elektronenacceptor dienen voor de afbraak van organisch materiaal. Het sulfide dat hierbij wordt gevormd bindt met opgelost ijzer in de bodem waarna het neerslaat als ijzersulfide (Figuur 5.9). Op deze wijze wordt de ijzerconcentratie van het poriewater verlaagd wat invloed kan hebben op de nalevering van fosfor naar de waterlaag omdat deze sterk door de verhouding tussen opgelost Fe en P wordt bepaald. Uit experimenten is gebleken dat wanneer de verhouding (mol/mol) tussen ijzer en fosfor in het poriewater lager wordt dan 1, de nalevering van fosfor naar de waterlaag fors toeneemt (Geurts e.a., 2010).



Figuur 5.9. Schematische voorstelling van de biogeochemische processen die de waterkwaliteit bepalen in de sloten van het veenweidegebied (links lage waterstanden en rechts hoge waterstanden in de percelen). Licht grijs = bodem van de percelen, donkergrijs = waterbodem van de sloot, blauw = oppervlaktewater sloot en OM = organisch materiaal. Naar Smolders e.a. (2013b).

Door te voorkomen dat waterpeilen in de percelen diep uitzakken kan mobilisatie van sulfaat worden voorkomen. Ook een geforceerde peilverlaging in de sloten om maaibeheer mogelijk te maken moet vanuit dit oogpunt worden voorkomen. Het geforceerd aflaten van water in de zomer kan resulteren in een versnelde afbraak van het veen, verruiging (P- en N-mobilisatie) en verzuring (van den Broek & Smolders, 2018). In de natuurverbinding is de GLG na plaggen gemiddeld 40 cm-mv (Tabel 5.3), waarbij uitgegaan is van het uitzakken van de grondwaterstand ten opzichte van het slootpeil met 20 cm. In de praktijk kan in het wegzijgingsgebied het grondwater tot 40 cm wegzakken (van Buuren e.a., 2019). Het is vanuit het oogpunt van veenoxidatie, verzuring en sulfaatuitspoeling wenselijk dat het grondwater in de zomer wat minder ver uitzakt. Het advies is om voor de verschillende peilvakken nog eens goed te kijken in hoeverre dit mogelijk is. Vanwege de hoge grondwaterstanden in de winterperiode zijn er geen mogelijkheden om het maximale peil te verhogen. Door het verhogen van het minimale peil zal het verschil tussen maximale en minimale peil (in polder Abessinië is dit nu 15 cm) geringer worden.

Door hogere waterstanden in de percelen kan de directe fosfaatbelasting (maar mogelijk ook ijzer) vanuit de percelen naar de sloten wel toenemen. Met name de toplaag van de percelen (bovenste 20 -30 cm) is vaak erg rijk aan ijzer en fosfor. Op locaties waar voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland de P-rijke toplaag wordt verwijderd is het risico op extra P-mobilisatie en afspoeling naar de sloot als gevolg van hoge waterstanden gering. Binnen de natuurverbinding wordt echter niet op alle percelen de P-rijke toplaag verwijderd en kan een verhoging van de minimale waterstand resulteren in extra P-mobilisatie en afspoeling naar de sloten.

Uitspoeling vanuit de percelen vindt vooral plaats wanneer de grondwaterstanden in de percelen hoger zijn dan het slootpeil. In de winterperiode is dit onvermijdelijk, er is immers een regenwateroverschot, maar door een slim waterpeilbeheer, kan de uitspoeling vanuit de percelen worden beperkt. Zo kan door instellen van een flexibel peilbeheer, waarbij het waterpeil in de sloten meebeweegt met het waterpeil in de percelen, de uitwisseling tussen de percelen en de sloten worden verminderd (Smolders e.a., 2013a). Ook door het handhaven van een permanent hoog waterpeil in de sloten kan dit natuurlijk worden bereikt. Daarnaast kan ook door de aanleg van geplagde oeverzones langs de sloten de uitspoeling van nutriënten en ook slib naar de waterlaag worden verminderd.

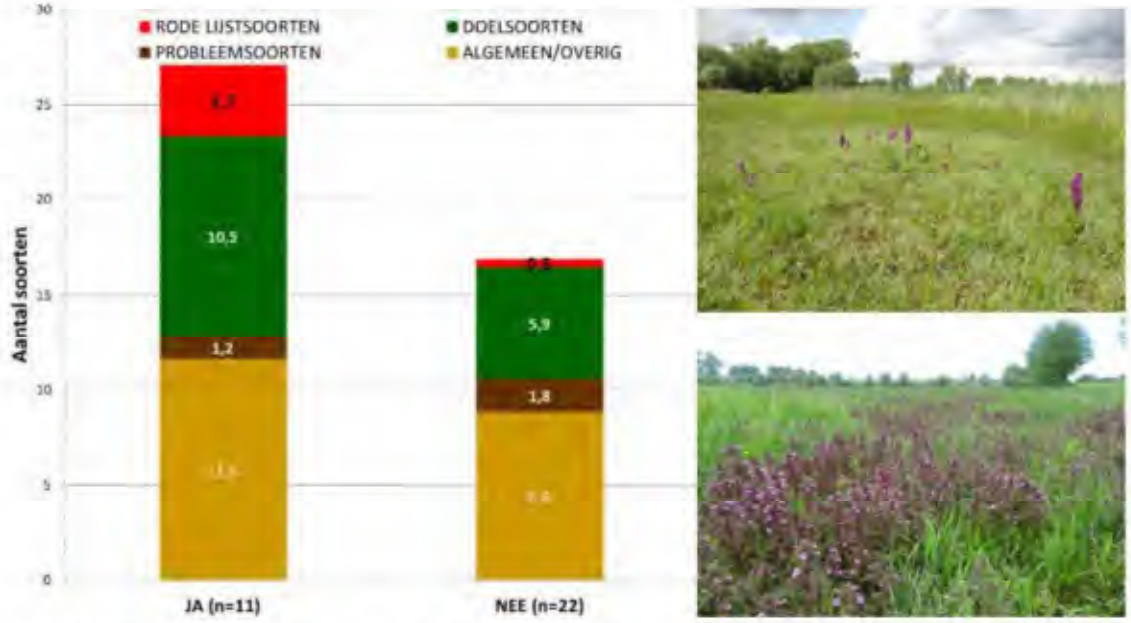
5.5 Aanvullende inrichtingsmaatregelen

De eerste jaren na het afgraven van de voedselrijke toplaag dient maaibeheer plaats te vinden om de ontwikkeling en uitbreiding van algemene/ruigte soorten te beperken. Doordat vaak vele zaden aanwezig zijn kunnen deze algemene soorten, ook onder P-arme condities, tot ontwikkeling komen. Door middel van een maaibeheer en het aanbrengen van maaisel of plagsel kan de groei van ongewenste algemene soorten worden onderdrukt. Opgemerkt dient te worden dat de lokale ontwikkeling van ruigtes op zichzelf niet nadelig is en zelfs kan bijdragen aan de diversiteit van een gebied. Vlinders, sprinkhanen, vogels en kleine zoogdieren kunnen hiervan profiteren.

Op de afgegraven locaties is het advies om kort na afgraven (<1 jaar) maaisel/plagsel op te brengen uit goed ontwikkelde referentielocaties om kolonisatie door doelsoorten te stimuleren. Geadviseerd wordt om dit 2 of 3 achtereenvolgende jaren te doen. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank vaak niets meer over. Natte, venige laagtes kunnen een uitzondering vormen. Zonder het uitstrooien van vers maaisel of plagsel uit geschikte referentiegebieden is de kans op vestiging van doelsoorten klein. Veel zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd in de

60266 0055

herstelde terreinen. Het herintroduceren van doelsoorten uit zo lokaal mogelijke bronnen (in verband met de genetische diversiteit en de aanpassing aan lokale omstandigheden) leidt onder de juiste bodemchemische en hydrologische omstandigheden tot een succesvol herstel van ontgronde terreinen (Figuur 5.10).



Figuur 5.10. Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015. Op 33 locaties zijn vegetatieopnames gemaakt in gebieden waar door middel van ontgronding (minimaal 4 jaar geleden) voedselarme condities zijn gecreëerd op voormalige landbouwgronden ten behoeve van schraallandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel (11 locaties) en geen (22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgronding, heeft plaatsgevonden. De soorten zijn verdeeld over vier klassen: Rode Lijstsoorten, Doelsoorten, Probleemsoorten en Algemene/overige soorten. Bron: Onderzoekcentrum B-WARE. Rechts: Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalland met onder ander Moeraskartelblad, Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blauwe knoop, Vetblad, heidekartelblad, Gevlekte orchis, Welriekende nachtorchis, Brede orchis en Moeraswespenorchis door middel van het afgraven van de voedselrijke toplaag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's 5 1 2e.

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel waarbij idealiter 1m^2 vers verzameld maaisel over 1(-2) m^2 bodem wordt verspreid. Wanneer dit niet mogelijk is, kan het maaisel in een lagere dichtheid of in kleinere over het gebied verspreide zones worden opgebracht. Wanneer vers plagsel of bodemmateriaal uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhiza-schimmels) geïntroduceerd. Mycorrhiza-schimmels zijn van belang bij de opname van nutriënten onder voedselarme omstandigheden. Daarnaast beschermen ze de kiemlingen tegen verdroging. Het aanbrengen van maaisel of plagsel op een dichte zode is geen geschikte maatregel door het ontbreken van vestigingsplekken. Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.

60266 0055

Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd. Voor grondwaterafhankelijke natuurtypen zoals natte schraallanden en vochtige hooilanden is grondwaterinvloed in de wortelzone of het maaiveld vereist van circa oktober/november t/m maart/april om verzuring, de vorming van regenwaterlenzen en de ontwikkeling van zure vegetaties (op kansrijke locaties voor (zwak) gebufferde schraallande/hooilanden) tegen te gaan. Op plekken waar regenwater stagneert kunnen veenmossen gaan domineren, vooral op gebufferde bodems omdat hier veel CO_2 beschikbaar komt. In de zomerperiode zijn natte omstandigheden echter niet gewenst. Droogval van de toplaag in de zomermaanden kan zorgen voor een lagere beschikbaarheid van nutriënten.

6. CONCLUSIES

6.1 Conclusies

De belangrijkste conclusies uit het aanvullende bodemchemische onderzoek en toetsing van de plagdiepten in combinatie met de toekomstige waterpeilen zijn:

- Op basis van het aanvullende bodemchemische onderzoek is voor een groot aantal locaties de geadviseerde plagdiepte uit het schetsontwerp bijgesteld. Na 20 cm plaggen is de fosfaatbeschikbaarheid op een groot aantal locaties nog te hoog voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland.
- In perceel 11, 13 en 17 liggen kansen voor de ontwikkeling van Nat schraalland. De fosfaatbeschikbaarheid kan met plaggen voldoende gereduceerd (< 500 µmol Olsen-P/l) worden voor dit natuurbeheertype, maar de bodem is op deze percelen ook onvoldoende gebufferd voor Vochtig hooiland.
- In perceel 5, 11 en 17 wordt het lokaal te nat wanneer geplagd wordt tot op de bodemlaag waar de fosfaatbeschikbaarheid voldoende laag is. Minder diep plaggen zal lokaal in deze percelen resulteren tot verruiging en langdurig aanvullend verschralingsbeheer. Alternatief is om het ambitieniveau te verlagen en te kiezen voor de ontwikkeling van Kruiden- en faunarijk grasland.
- De veenbodems in de natuurverbinding zijn vaak rijk aan zwavel en kunnen daardoor gevoelig zijn voor verzuring bij droogval. Om verzuring te voorkomen is het belangrijk dat deze bodems in de zomer niet te sterk uitdrogen. Na plaggen komen in de percelen 3, 11, 13, 16 en 17 verzuringsgevoelige veenbodems aan de oppervlakte te liggen.
- Met de in het schetsontwerp voorgestelde maximale polderpeilen komt de GHG na plaggen rond maaiveld te liggen.
- Met de in het schetsontwerp voorgestelde minimale polderpeilen komt de GLG na plaggen op ca. 40 cm-mv te liggen, maar waarschijnlijk zakken deze in de praktijk nog wat verder uit. Uit het oogpunt van veenoxidatie (van de nu nog minder sterk veraarde veenbodem), verzuring en sulfaatmobilisatie is het advies om de mogelijkheden te onderzoeken om de minimale polderpeilen te verhogen (met ca. 5-10 cm).

6.2 Aanbevelingen

- Na afgraving van de P-rijke toplaag wordt geadviseerd maaisel en/of plagsel uit een referentieterrein op te brengen (eventueel één of twee opeenvolgende jaren herhalen zolang de zode nog niet gesloten is). Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (zowel bodemchemisch als mogelijk hydrologisch) te creëren voor de beoogde doelsoorten.
- Door het afgraven van de soms kleiige toplaag verliest het perceel draagkracht waardoor een maaibeheer alleen plaats kan vinden met speciale machines. Het geforceerd aflaten van water in de zomer om een maaibeheer mogelijk te maken kan leiden tot versnelde afbraak van het veen en moet worden voorkomen. Deze veenafbraak/mineralisatie kan leiden tot verruiging (P- en N-mobilisatie) en verzuring.
- Belangrijk is dat na uitvoering van de inrichtingsmaatregelen regenwater kan worden afgevoerd. Stagnatie van water dient te worden voorkomen. Geadviseerd wordt om het

systeem regelbaar te maken zodat eventueel het aflaten van water mogelijk is bij te natte winters (doorstroming reguleren) of extreme regenval in de zomer (droogval toplaag mogelijk maken). In de zomer dient de toplaag droog te vallen om P-binding te stimuleren en verruiging te voorkomen.

- Geadviseerd wordt om deze natuurontwikkeling op venige landbouwgronden te monitoren. Dit kan door bijvoorbeeld op vaste plekken de vegetatieontwikkeling te volgen, peilfluctuaties (met behulp van divers in peilbuizen) te meten en de poriewaterchemie te bepalen.

7. LITERATUUR

Broek, T. van den & J. Groenendijk (2015) Bodemchemisch onderzoek ten behoeve van natuurontwikkeling Bodegraven-Reeuwijk. Rapport BD4804-101, Royal HaskoningDHV, Rotterdam.

Broek, T. van den & A. Smolders (2018) Herfst- en winterinundatie als herstelmaatregel in blauwgraslanden Schraallanden langs de Meije. Rapport Royal Haskoning DHV & Onderzoekcentrum B-WARE.

Buuren, L. van, M. Waanders & A. de Wit (2019) Detaillering schetsontwerp natuurverbinding Zuidzijderpolder en polder Abessinië. Rapport 1805233A00-R19-368, RPS advies- en ingenieursbureau.

Bekker, R.M., G.L. Verweij, R.E.N. Smith, R. Reine, J.P. Bakker & S. Schneider (1997) Soil seed banks in European grasslands: does land use affect regeneration perspectives? *Journal of Applied Ecology* 34: 1293-1310.

Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen (2016) Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad Natuur Bos Landschap* maart: 10-13.

Diggelen J.M.H. van, L.P.M. Lamers, G. van Dijk, M.J. Schaafsma, J.G.M. Roelofs & A.J.P. Smolders (2014) New insights into phosphorus mobilisation from sulphur-rich sediments - Time-dependent effects of salinisation. *PLOS One* 9(11): e e111106.

Geurts, J.J.M., A.J.P. Smolders, A.M. Banach, J.P.M. van de Graaf, J.G.M. Roelofs & L.P.M. Lamers (2010) The interaction between decomposition, N and P mineralization and their mobilization to the surface water in fens. *Water Research* 44: 3487-3495.

Klimkowska, A., van Diggelen, R., Bakker, J. P. & Grootjans, A. P. (2007) Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* 140: 318-328.

Lamers, L., E. Lucassen, F. Smolders & J. Roelofs (2005) Fosfaat als adder onder gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H_2O* 38(17): 28-30.

Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs (2009) Verpitrussing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* 110 (1): 43-46.

Lucassen, E.C.H.E.T., A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2002) Potential sensitivity of mires to drought, acidification and mobilisation of heavy metals: the sediment S/(Ca+Mg) ratio as diagnostic tool. *Environmental Pollution* 120: 635-646.

Lucassen, E.C.H.E.T., A.J.P. Smolders, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs (2005) Water table fluctuations and groundwater supply are important in preventing phosphate-eutrophication in sulfate-rich fens: consequences for wetland restoration. *Plant and Soil* 269: 109-115.

Mullekom, M. van, A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.

Mullekom, M. van, A.J.P. Smolders, E. Brouwer & J.G.M. Roelofs (2009) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling en -herstel in het Hierdense beekdal binnen Landgoed Staverden. Een biogeochemisch en hydrologisch onderzoek. Rapportnummer: 2008.44b, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

60266 0055

Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M.J. Weijters, R. Bobbink, H. Tomassen & A.J.P. Smolders (2013) Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* 114: 120-126.

Olsen S.R., C.W. Cole, R. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Dept. of Agriculture circular 939.

Poelen M. & A.J.P. Smolders (2015) Polder Stein-noord. Biogeochemisch onderzoek naar de water, oever- en slibkwaliteit van de sloten. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen (in Dutch). Rapport 2015-17.

Scherpenisse, M.C., E. Verbaarschot, R. Bobbink & P.J.M. Verbeek (2016) Graslanden in Overijssel. Advies voor kwaliteitsverbetering van kruiden- en faunarijk grasland. Natuurbalans - Limes Divergens BV & Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006) De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 3(4): 5-11.

Smolders, A., J. van Diggelen, J. Loermans, G. van Dijk, M. van Mullekom & L. Lamers (2009) Ontgronden als maatregel voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* 110: 33-38.

Smolders A., J. van Diggelen J. Loermans, G. van Dijk, M. van Mullekom & L. Lamers (2013a) Het veenweidegebied: pompen en verzuipen? *De Levende Natuur* 114(4): 127-133.

Smolders, A., J. van Diggelen, J. Roelofs, E. Lucassen, J. Geurts & L. Lamers (2013b) Waterkwaliteit in het veenweidegebied: de complexe interacties tussen oever, waterbodem en oppervlaktewater. *Landschap* 3: 145-153.

Smolders, A.J.P., E.C.H.E.T. Lucassen, J.G.M. Roelofs, A. Kramer- Hoenderboom & J. Lenssen (2017) Woekering van waterplanten in beken tot op de bodem uitgezocht. *H_2O-Online* 16 februari 2017.

Timmermans & Van Eekeren (2012) Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 1: 12-15.

Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2016) Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* **45**: 701-708.

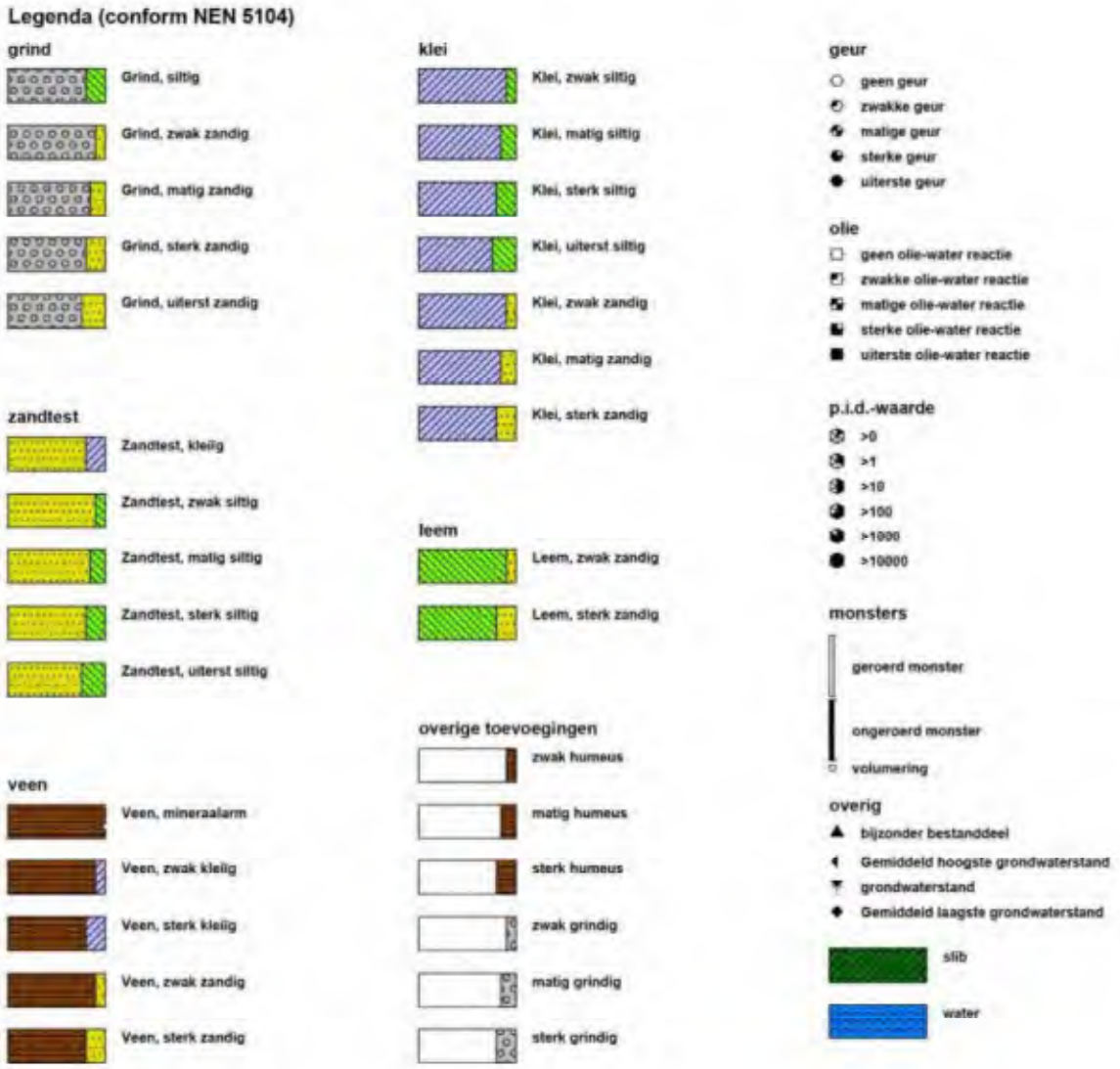
Tsiafouli, M.A., E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C. de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett, M.V. Brady, L. Bjornlund, H.B. Jørgensen, S. Christensen, T. D' Hertefeldt, S. Hotes, W.H.G. Hol, J. Frouz, M. Liiri, S.R. Mortimer, H. Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V. Wolters & K. Hedlund (2015) Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* **21**: 973-985.

60266 0055

8. BIJLAGEN

Bijlage 1. Profielbeschrijvingen conform NEN5104 van de boorlocaties in de natuurverbinding Zuidzijderpolder en polder Abessinië (locatie A t/m V). De profielbeschrijvingen zijn opgesteld door het Veldwerkbureau (5.1.2e).

Legenda:



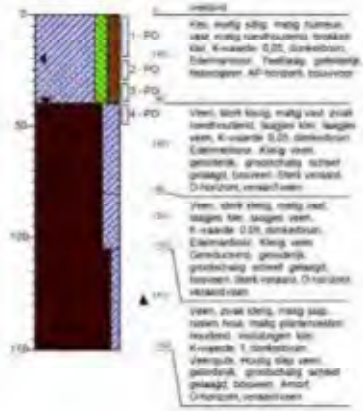
VWB bodem

Opdrachtgever: Bware

Boring: A

X:	113708,57
Y:	454267,73
Datum:	1-10-2019
GWS:	40
GHG:	20
GLG:	75

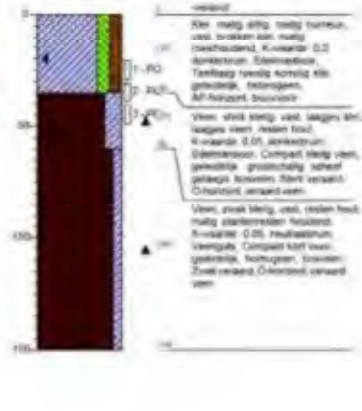
Boormeester: 5.1.2e



Boring: B

X:	113725,00
Y:	454083,00
Datum:	1-10-2019
GWS:	45
GHG:	20
GLG:	80

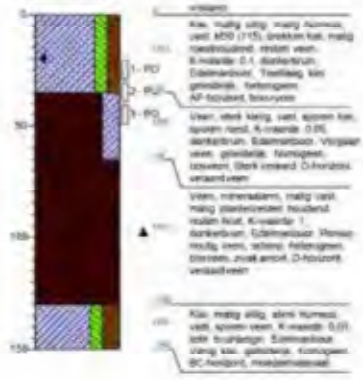
Boormeester: 5.1.2e



Boring: C

X:	113638,00
Y:	453975,00
Datum:	1-10-2019
GWS:	50
GHG:	20
GLG:	85

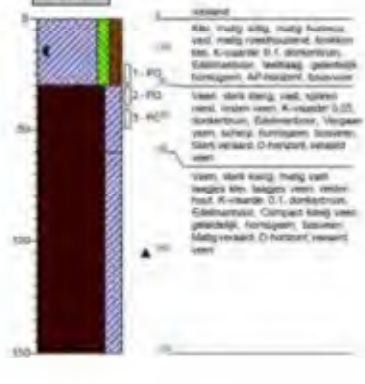
Boormeester: 5.1.2e



Boring: D

X:	113585,00
Y:	453779,00
Datum:	1-10-2019
GWS:	40
GHG:	15
GLG:	80

Boormeester: 5.1.2e



Projectcode: PR-19.148

Projectnaam: Bo Polder Abessinië

Boormeester: 5.1.2e

Projectleider: 5.1.2e

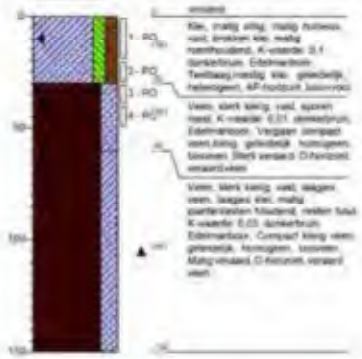
VVB bodem

Opdrachtgever: Bware

Boring: E

X:	115239.69
Y:	452648.07
Datum:	1-10-2019
GWS:	40
GHG:	10
GLG:	80

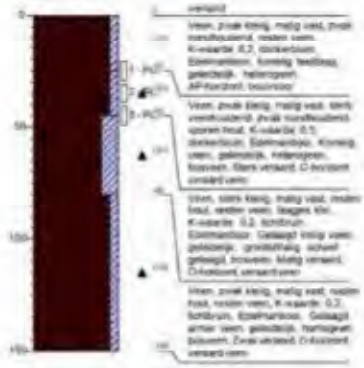
Boormeester: 5.1.2e



Boring: F

X:	115122.00
Y:	452421.00
Datum:	30-9-2019
GWS:	35
GHG:	10
GLG:	50

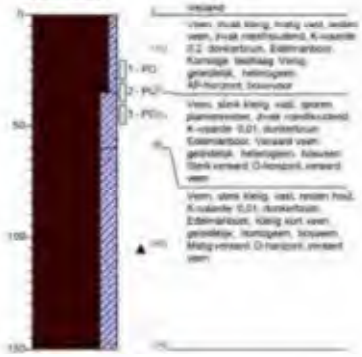
Boormeester: 5.1.2e



Boring: G

X:	115056.00
Y:	452205.00
Datum:	30-9-2019
GWS:	30
GHG:	10
GLG:	50

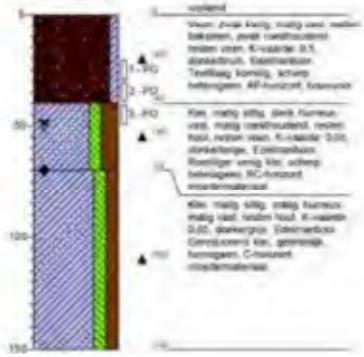
Boormeester: 5.1.2e



Boring: H

X:	115010.00
Y:	452012.00
Datum:	30-9-2019
GWS:	50
GHG:	20
GLG:	75

Boormeester: 5.1.2e



Projectcode: PR-19.148

Projectnaam: Bo Polder Abessinië

Boormeester: 5.1.2e

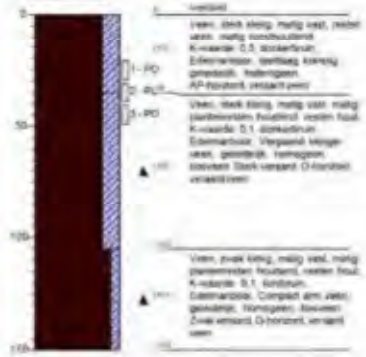
Projectleider: 5.1.2e

Opdrachtgever: Bware

Boring: I

X:	113262,00
Y:	452396,00
Datum:	30-9-2019
GWS:	60
GHG:	20
GLG:	90

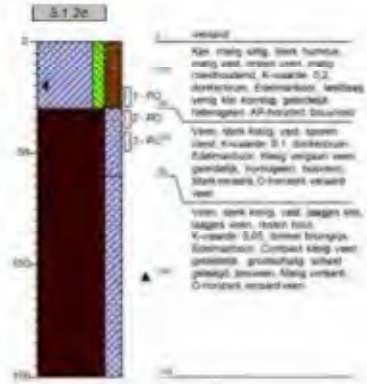
Boormeester: 5.1.2e



Boring: J

X:	113262,00
Y:	452151,00
Datum:	30-9-2019
GWS:	30
GHG:	20
GLG:	70

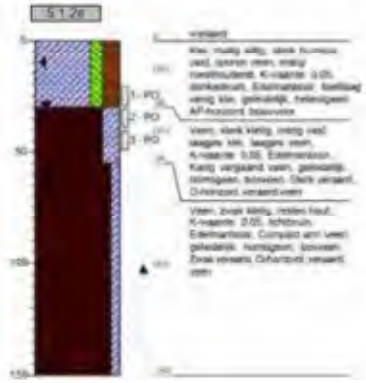
Boormeester: 5.1.2e



Boring: K

X:	113386,00
Y:	452407,00
Datum:	30-9-2019
GWS:	30
GHG:	10
GLG:	60

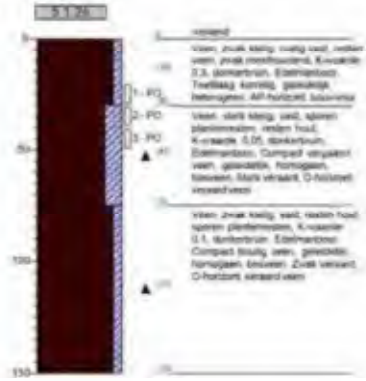
Boormeester: 5.1.2e



Boring: L

X:	113249,00
Y:	452215,00
Datum:	30-9-2019
GWS:	40
GHG:	10
GLG:	70

Boormeester: 5.1.2e



Projectcode: PR-19.148

Projectnaam: Bo Polder Abessinië

Boormeester: 5.1.2e

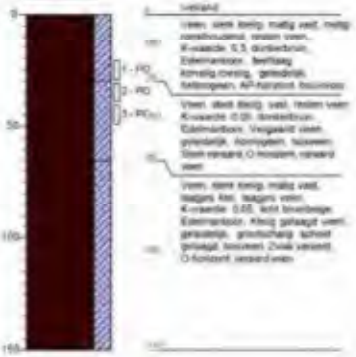
Projectleider: 5.1.2e

Opdrachtgever: Bware

Boring: M

X:	113237,00
Y:	452830,00
Datum:	30-9-2019
GWS:	30
GHG:	10
GLG:	90

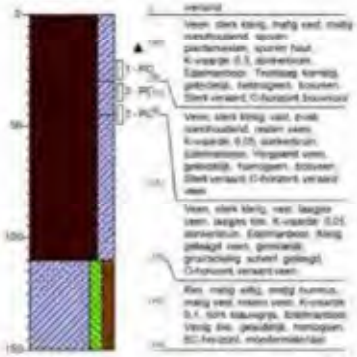
Boormeester: 5.1.2e



Boring: N

X:	113267,00
Y:	451839,00
Datum:	30-9-2019
GWS:	35
GHG:	10
GLG:	90

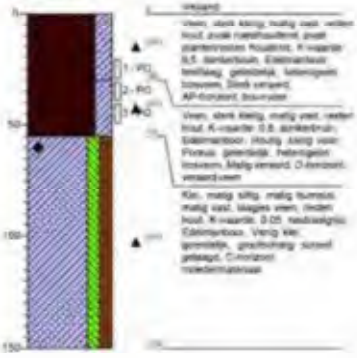
Boormeester: 5.1.2e



Boring: O

X:	113213,00
Y:	451862,00
Datum:	30-9-2019
GWS:	20
GHG:	10
GLG:	80

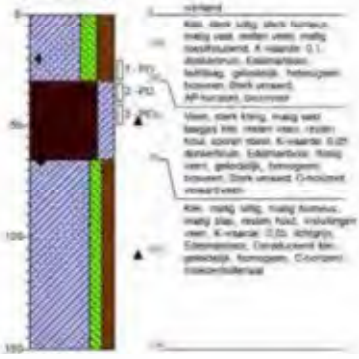
Boormeester: 5.1.2e



Boring: P

X:	113218,00
Y:	452147,00
Datum:	30-9-2019
GWS:	50
GHG:	20
GLG:	85

Boormeester: 5.1.2e



Projectcode: PR-19.148

Projectnaam: Bo Polder Abessinië

Boormeester: 5.1.2e

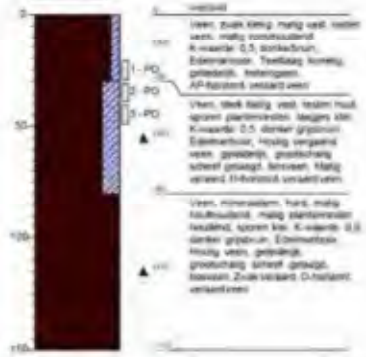
Projectleider: 5.1.2e

Opdrachtgever: Bware

Boring: **Q**

X:	113250,00
Y:	451984,00
Datum:	30-9-2019
GWS:	05
GHG:	10
GLG:	05

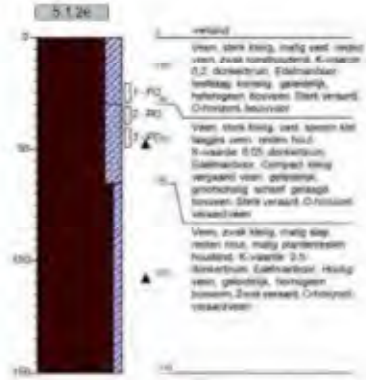
Boormeester: 5.1.2e



Boring: **R**

X:	113150,00
Y:	451915,00
Datum:	30-9-2019
GWS:	00
GHG:	20
GLG:	40

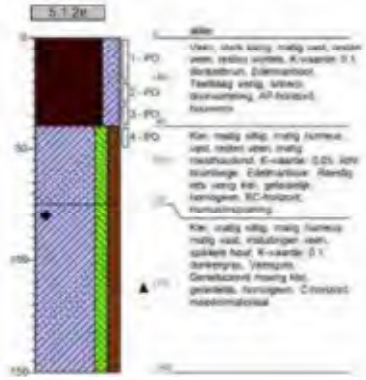
Boormeester: 5.1.2e



Boring: **S**

X:	113154,00
Y:	451812,00
Datum:	24-10-2019
GWS:	20
GHG:	10
GLG:	80

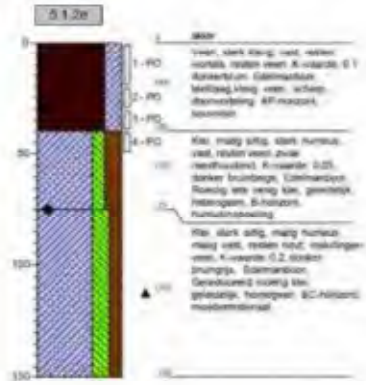
Boormeester: 5.1.2e



Boring: **T**

X:	113093,00
Y:	451827,00
Datum:	24-10-2019
GWS:	30
GHG:	10
GLG:	75

Boormeester: 5.1.2e



Projectcode: PR-19.148

Projectnaam: Bo Polder Abessinië

Boormeester: 5.1.2e

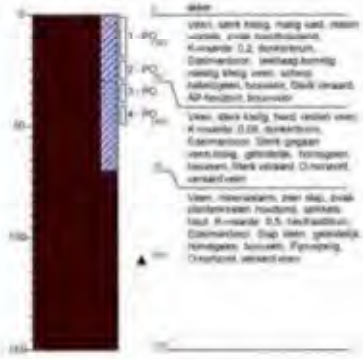
Projectleider: 5.1.2e

VVB bodem

Opdrachtgever: Bware

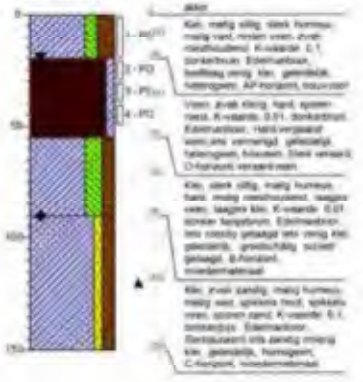
Boring: U

X	113252.00
Y	451748.00
Datum	24-10-2019
GWS	10
GHG	0
GLG	60
Boormeester	5.1.2e



Boring: V

X	113184.00
Y	451579.01
Datum	24-10-2019
GWS	20
GHG	0
GLG	90
Boormeester	5.1.2e



Projectcode: PR-19.148

Projectnaam: Bo Polder Abessinië

Boormeester: 5.1.2e

Projectleider: 5.1.2e

60266 0055

B
WARE
www.b-ware.eu

BemestingsWijzer
Grasland
staatsbosb. 3

Uw klantnummer: 8957924

Provincie Overijssel
Eenheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice.agro@eurofins.com
I www.eurofins-agro.com

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
	749819/005364686	07-04-2021	14-04-2021
	inkoopd.4500018209		

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	1950	1460 - 2130					
	C/N-ratio		15	13 - 17					
	N-leverend vermogen	kg N/ha	120	95 - 145					
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	4	20 - 30					
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	370	265 - 370					
	C/S-ratio		80	50 - 75					
	S-leverend vermogen	kg S/ha	9	20 - 30					
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	6,6	2,9 - 4,2					
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	385	155 - 225					
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	45	100 - 140					
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	75	95 - 145					
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	115	95 - 220					
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	1020	740 - 1110					
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	95	115 - 175					
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	130	50 - 160					
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	< 10	65 - 115					
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	10	30 - 45					
Fysisch	Zuurgraad (pH)		5,0	5,0 - 5,7					
	C-organisch	%	2,2						
	Organische stof	%	4,2						
	C/OS-ratio		0,52	0,45 - 0,55					
	Koolzure kalk	%	0,2	2,0 - 3,0					
	Klei (<2 µm)	%	1						
	Silt (2-50 µm)	%	8						
	Zand (>50 µm)	%	87						
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	54	> 51					
	CEC-bezetting	%	91	> 95					
	Ca-bezetting	%	72	75 - 85					
	Mg-bezetting	%	15	6,0 - 10					
	K-bezetting	%	2,8	2,0 - 5,0					
	Na-bezetting	%	0,7	1,0 - 1,5					
	H-bezetting	%	0,2	< 1,0					
	Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0					

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0				
Verslemping	rapportcijfer	7,8	6,0 - 8,0				

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

60267

0056

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch	Vochthoudend vermogen	mm	19						
	Microbiële biomassa	mg C/kg	494	210 - 630					
	Microbiële activiteit	mg N/kg	52	125 - 175					
	Schimmel/bacterie-ratio		0,7	0,7 - 1,0					

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 67	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-$CaCl_2$)	= 5,0	mg P/kg
Pw-getal	= 70	mg P_2O_5/l

Hoekpunten perceel: 268095 488468, 268058 488704, 267971 488693, 267998 488456, 268095 488468

Vanwege ruimtegebrek is het mogelijk dat niet alle coordinaten van de vastgelegde hoekpunten van het perceel op dit verslag zijn weergegeven. Deze zijn echter wel opgeslagen in onze database.

staatsbosb. 3

Advies **Stikstof (N)** **2021 t/m 2024**

	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	358	zeer licht weiden	< 1000	56	14	12	12	13	12	12
		licht weiden	1000 - 1500	78	22	32	32	29	26	24
		normaal weiden	1500 - 2000	94	50	50	50	43	37	33
		licht maaien	2000 - 2500	109	74	66	66	53	44	
		normaal maaien	2500 - 3000	120	96	79	79	60		
		zwaar maaien	> 3000	126	115	90	90			
		standweiden		78	-	53	42	43	33	33

				2021		2022 t/m 2024	
		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	35 (2e snede)	35	35 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		15	0	25	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		15	0	25	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	15	20 (3ex maaien)	25	20
		normaal maaien	> 2500	15	25 (3ex maaien)	25	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		100	15 (eenmalig)	100	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		100	85 (eenmalig)	100	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	140	70	140	70
		normaal maaien	> 2500	180	100	180	100

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	100	100	100	100

			2021		2022 t/m 2024	
	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)		50	50 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)		20	20 (eenmalig)	20	20 (eenmalig)

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	430	-	-	-
		Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 105			

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	0
	Calcium (CaO)	eenmalig	160
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
De P-buffering is 13 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 15

Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

Magnesium:
Magnesium (Mg) is van belang voor opbrengst van gras, maar de Mg-voorziening moet tevens in orde zijn om het risico op kopziekte te voorkomen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

staatsbosb. 3

Bontheid

Legenda

Schaal: 1:5,000

Bodemscout

Gewasproductie

- Boven gemiddeld
- Gemiddeld
- Onder gemiddeld

Percelen

- Bemonsterd perceel
- Gewasperceel
- Perceelsvlak
- Bodemscoutvlak

Datum: 09-04-2021 Tijd: 16:51:21

BodemScout toont - gebaseerd op 9 jaar satellietbeelden - de structurele verschillen binnen een gewasperceel; waar deed het gewas het gemiddeld beter en waar slechter? Geeft de BodemScout aan dat uw perceel heel heterogeen is, dan kunt u eerst onderzoeken waardoor de verschillen veroorzaakt worden (zoals structuur, vochtbinding, (schadelijk) bodemleven, tekort aan nutriënten, pH-toestand) en vervolgens uw management aanpassen aan deze informatie.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Organische stof

Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 2,8

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Netto toename van effectieve organische stof.

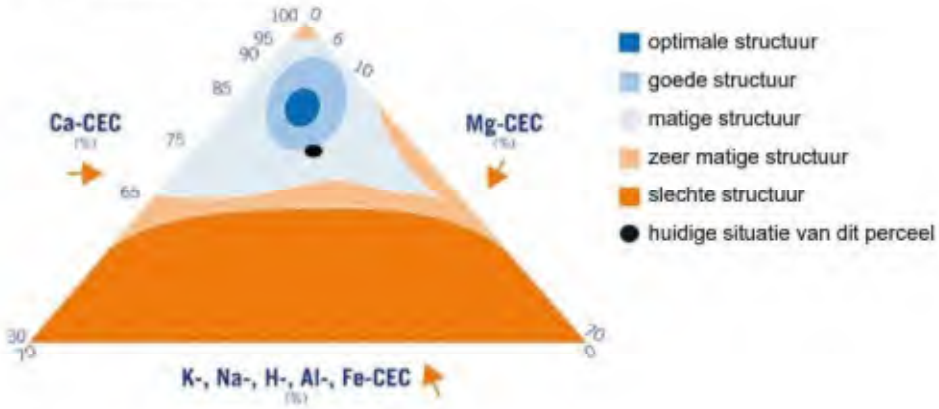
Figuur: Kwaliteit van de organische stof

Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek



staatsbosb. 3

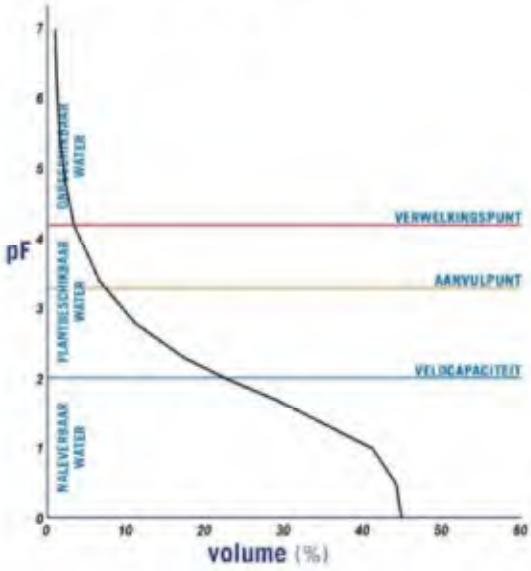
Fysisch

Figuur: Textuurdriehoek

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 19 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 7,3 % vocht zit en geef dan 16 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, 5.1.2e
Contactpersoon monstername:	5.1.2e 5.1.2e
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Normaal

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Methode		Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse resultaten	N-totale bodemvoorraad	1480	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	S-plantbeschikbaar	3,4	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
	S-totale bodemvoorraad	280	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	P-plantbeschikbaar	5,0	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	P-bodemvoorraad	67	mg P_2O_5/100 g	PAL1: Gw NEN 5793	Q
	K-plantbeschikbaar	36	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	K-bodemvoorraad	1,5	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-plantbeschikbaar	1,1	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-bodemvoorraad	43	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Mg-plantbeschikbaar	74	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Mg-bodemvoorraad	8,2	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Na-plantbeschikbaar	< 6	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Na-bodemvoorraad	0,4	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Zuurgraad (pH)	5,0		Em: NIRS (TSC®)	
	C-organisch	2,2	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	Organische stof	4,2	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	C-anorganisch	0,03	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Koolzure kalk	0,2	%		
	Klei (<2 µm)	1	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Silt (2-50 µm)	8	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Zand (>50 µm)	87	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei-humus (CEC)	54	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële biomassa	494	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële activiteit	52	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Schimmel biomassa	104	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Bacteriële biomassa	145	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform
P-bodemvoorraad Deze analyse is in duplo uitgevoerd.

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
Het monster is geanalyseerd in het Eurofins Agro laboratorium in Wageningen, tenzij anders is vermeld.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 08-04-2021

BemestingsWijzer
Grasland
staatsbosb. 10

Uw klantnummer: 8957924

Provincie Overijssel
Eenheid Natuur en Milieu
5.1.2e
Postbus 10078
8000 GB ZWOLLE

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: 5.1.2e 5.1.2e
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice.agro@eurofins.com
I www.eurofins-agro.com

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:
	749821/005364686	07-04-2021	14-04-2021
	inkoopd.4500018209		

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	2200	1430 - 2080					
	C/N-ratio		15	13 - 17					
	N-leverend vermogen	kg N/ha	125	95 - 145					
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	5	20 - 30					
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	335	255 - 360					
	C/S-ratio		101	50 - 75					
	S-leverend vermogen	kg S/ha	7	20 - 30					
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	0,5	2,8 - 4,1					
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	80	150 - 220					
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	25	95 - 140					
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	75	80 - 130					
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	20	95 - 215					
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	395	520 - 780					
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	30	115 - 170					
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	115	40 - 140					
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	< 10	65 - 110					
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	10	30 - 45					
Fysisch	Zuurgraad (pH)		3,9	5,0 - 5,7					
	C-organisch	%	2,6						
	Organische stof	%	4,9						
	C/OS-ratio		0,53	0,45 - 0,55					
	Koolzure kalk	%	0,3	2,0 - 3,0					
	Klei (<2 µm)	%	2						
	Silt (2-50 µm)	%	5						
	Zand (>50 µm)	%	88						
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	38	> 58					
	CEC-bezetting	%	65	> 95					
	Ca-bezetting	%	41	75 - 85					
	Mg-bezetting	%	19	6,0 - 10					
	K-bezetting	%	3,9	2,0 - 5,0					
	Na-bezetting	%	1,1	1,0 - 1,5					
	H-bezetting	%	3,7	< 1,0					
	Al-bezetting	%	40	< 1,0					

	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0				
Verslemping	rapportcijfer	8,0	6,0 - 8,0				

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Resultaat		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch	Vochthoudend vermogen	mm	19						
	Microbiële biomassa	mg C/kg	572	245 - 735			■		
	Microbiële activiteit	mg N/kg	63	125 - 175		■			
	Schimmel/bacterie-ratio		0,7	0,7 - 1,0		■	■		

Essentiële nutriënten
Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

Bemestingsadviezen en wetgeving
De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-bodemvoorraad (P-Al)	= 14	mg P_2O_5/100 g
P-plantbeschikbaar (P-$CaCl_2$)	= 0,4	mg P/kg
Pw-getal	= 11	mg P_2O_5/l

Oostelijk Veehouderijgebied

RD-projectie

Hoekpunten perceel: 269307 486171, 269287 486215, 269307 486237, 269304 486254, 269252 486232, 269200 486215, 269198 486205, 269158 486186, 269174 486159, 269206 486166, 269213 486152, 269205 486136, 269186 486131, 269193 486112, 269307 486171

Vanwege ruimtegebrek is het mogelijk dat niet alle coordinaten van de vastgelegde hoekpunten van het perceel op dit verslag zijn weergegeven. Deze zijn echter wel opgeslagen in onze database.

staatsbosb. 10

Advies **Stikstof (N)** **2021 t/m 2024**

	Verwachte Jaargift	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	2e snede	mei	juni	juli	aug	t/m 15 sept
in kg per ha per jaar	355	zeer licht weiden	< 1000	56	14	12	12	13	12	12
		licht weiden	1000 - 1500	77	22	32	32	29	26	24
		normaal weiden	1500 - 2000	93	49	50	50	43	37	33
		licht maaien	2000 - 2500	108	74	66	66	53	44	
		normaal maaien	2500 - 3000	118	95	79	79	60		
		zwaar maaien	> 3000	124	114	89	89			
		standweiden		77	-	53	41	43	33	33

				2021		2022 t/m 2024	
		Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Sulfaat (SO_3)			35	35 (2e snede)	35	35 (2e snede)
	Fosfaat (P_2O_5)	onbeperkt weiden		40	10 (eenmalig)	40	10 (eenmalig)
		beperkt weiden		40	20 (eenmalig)	40	20 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	40	20	40	20
		normaal maaien	> 2500	40	25	40	25
	Kali (K_2O)	onbeperkt weiden		100	15 (eenmalig)	100	15 (eenmalig)
		beperkt weiden		100	85 (eenmalig)	100	85 (eenmalig)
		licht maaien	< 2500	140	70	140	70
		normaal maaien	> 2500	180	100	180	100

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Calcium (CaO)	120	120	120	120

			2021		2022 t/m 2024	
	Situatie	Opbrengst (kg ds/ha)	1e snede	volgende snedes	1e snede	volgende snedes
in kg zuivere meststof per ha per snede	Magnesium (MgO)		100	100 (eenmalig)	25	25 (eenmalig)
	Natrium (Na_2O)		0	0 (eenmalig)	0	0 (eenmalig)

		2021	2022	2023	2024
in kg per ha per jaar	Kalk (nw)	1785	-	-	-

Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 120

Bodemstructuur	Effectieve org. stof	per jaar	0
	Calcium (CaO)	eenmalig	535
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Toelichting

Zwavel:
Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).

Fosfaat:
De P-buffering is 35 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27
De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 9

Calcium:
Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht.
Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren.
Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.

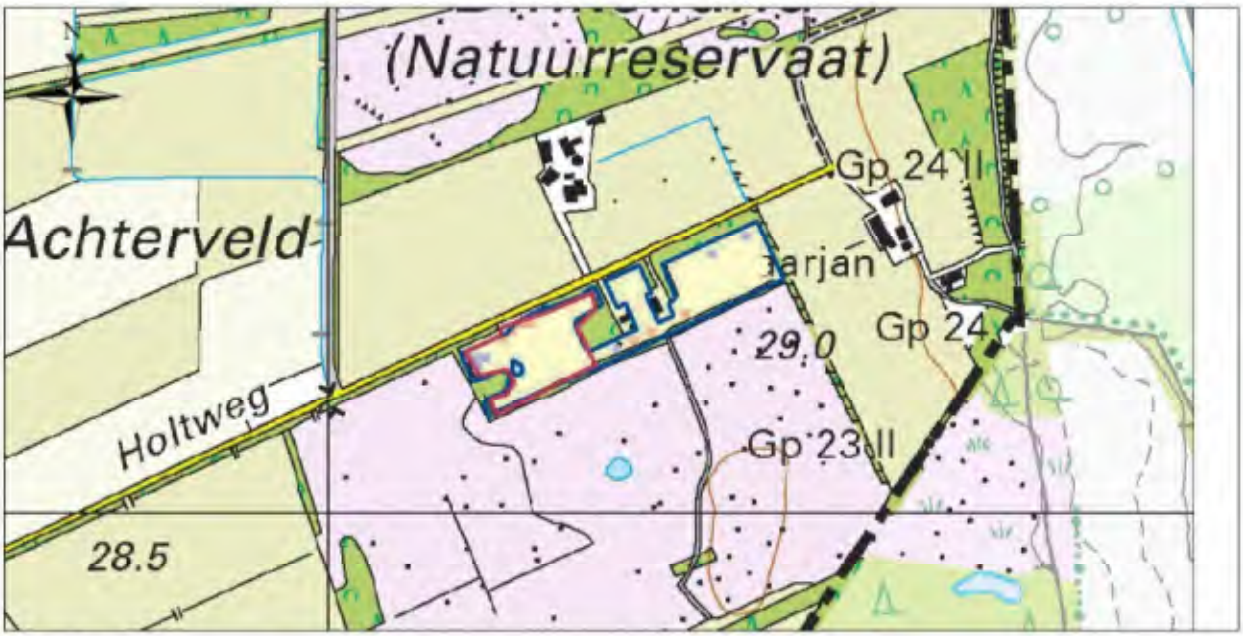
Magnesium:
Magnesium (Mg) is van belang voor opbrengst van gras, maar de Mg-voorziening moet tevens in orde zijn om het risico op kopziekte te voorkomen.

Kalk:
De kalkgift is berekend voor een inwerkdiepte van 10 cm. Wordt de kalk over een grotere diepte ingewerkt dan moet de gift in dezelfde mate worden verhoogd.
Op blijvend grasland moet u bij voorjaarsaanwending de kalkgift over twee jaren verdelen.
Als de te lage kalktoestand gepaard gaat met een slechte graszode, is herinzaai de beste methode om tot een snelle verbetering te komen.

Bodemleven:
De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.
Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

staatsbosb. 10

Bontheid



Legenda

Bodemscout

Gewasproductie

- Boven gemiddeld
- Gemiddeld
- Onder gemiddeld

Percelen

- Bemonsterd perceel
- Gewasperceel
- Perceelsvlak
- Bodemscoutvlak

Schaal: 1:5,000

Datum: 09-04-2021 Tijd: 16:50:34

BodemScout toont - gebaseerd op 9 jaar satellietbeelden - de structurele verschillen binnen een gewasperceel; waar deed het gewas het gemiddeld beter en waar slechter? Geeft de BodemScout aan dat uw perceel heel heterogeen is, dan kunt u eerst onderzoeken waardoor de verschillen veroorzaakt worden (zoals structuur, vochtbinding, (schadelijk) bodemleven, tekort aan nutriënten, pH-toestand) en vervolgens uw management aanpassen aan deze informatie.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Organische stof

Figuur: Organische stofbalans

Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 2,7

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer van organische stof via gras.
- Netto toename van effectieve organische stof.

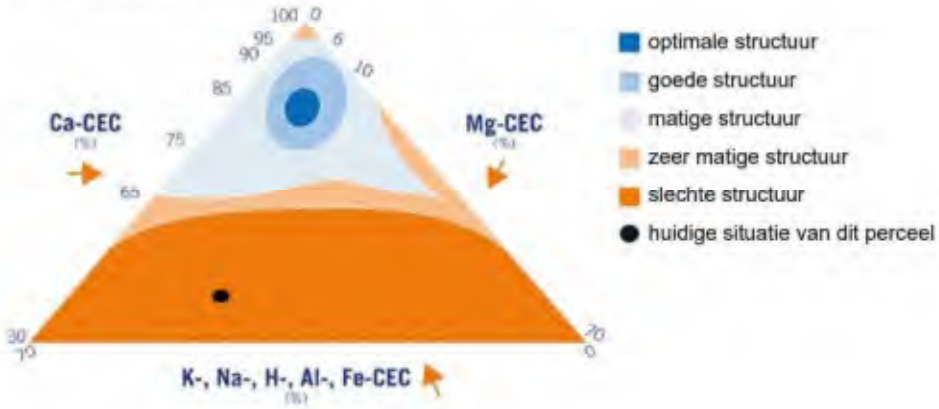
Figuur: Kwaliteit van de organische stof

Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabieler. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek



staatsbosb. 10

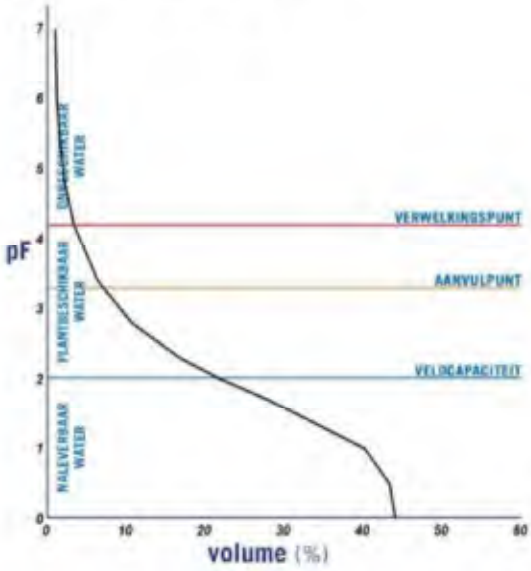
Fysisch

Figuur: Textuurdriehoek

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruimelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt.
Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 19 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 7,1 % vocht zit en geef dan 15 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 10 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, 5.1.2e
Contactpersoon monstername:	5.1.2e 5.1.2e
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 2000 Q
Specificatie oppervlakte:	Precisiemonster, <1 ha

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoording van 5.1.2e Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L 122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

5.1.2e

Methode		Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse resultaten	N-totale bodemvoorraad	1710	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	S-plantbeschikbaar	3,7	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)	
	S-totale bodemvoorraad	260	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	P-plantbeschikbaar	0,4	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	P-bodemvoorraad	14	mg P_2O_5/100 g	PAL1: Gw NEN 5793	Q
	K-plantbeschikbaar	20	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	K-bodemvoorraad	1,5	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-plantbeschikbaar	0,2	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-bodemvoorraad	22	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Mg-plantbeschikbaar	24	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Mg-bodemvoorraad	7,3	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Na-plantbeschikbaar	< 6	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)	Q
	Na-bodemvoorraad	0,4	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Zuurgraad (pH)	3,9		Em: NIRS (TSC®)	
	C-organisch	2,6	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	Organische stof	4,9	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	C-anorganisch	0,04	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Koolzure kalk	0,3	%		
	Klei (<2 µm)	2	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Silt (2-50 µm)	5	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Zand (>50 µm)	88	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei-humus (CEC)	38	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële biomassa	572	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Microbiële activiteit	63	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Schimmel biomassa	143	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Bacteriële biomassa	196	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)	

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform
P-bodemvoorraad Deze analyse is in duplo uitgevoerd.

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.
Het monster is geanalyseerd in het Eurofins Agro laboratorium in Wageningen, tenzij anders is vermeld.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 08-04-2021

RAPPORT

Onderzoek potenties voor stikstofgevoelige habitats in de graslanden met bronzones rond Wolfhaag

Pilot voor de Natuurbank

Klant: Staatsbosbeheer

Referentie: BI7148-WM-RP-221114-1714

Status: Definitief/01

Datum: 14 november 2022

Royal HaskoningDHV

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Amerikalaan 110
6199 AE Maastricht Airport
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

+31 88 348 78 48 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document:	Onderzoek potenties voor stikstofgevoelige habitats in de graslanden met bronzones rond Wolfhaag
Sub titel:	Pilot voor de Natuurbank
Referentie:	BI7148-WM-RP-221114-1714
Status:	01/Definitief
Datum:	14 november 2022
Projectnaam:	Pilot Natuurbank Wolfhaag e.o.
Projectnummer:	BI7148
Auteur(s):	5.1.2e, 5.1.2e
Opgesteld door:	5.1.2e, 5.1.2e
Gecontroleerd door:	5.1.2e
Datum:	14-11-2022
Goedgekeurd door:	5.1.2e
Datum:	14-11-2022

Classificatie
Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Royal HaskoningDHV

Inhoud

1	**Inleiding**	**1**
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel	1
1.3	Leeswijzer	1
2	**Onderzoeksgebied en werkwijze onderzoek**	**2**
2.1	Onderzoeksgebied	2
2.2	Werkwijze onderzoek	3
2.3	Randvoorwaarden	4
2.4	Leefgebied beekdalen en indicatorsoorten	5
2.4.1	Leefgebied Dotterbloemgrasland	5
2.4.2	Indicatoren van een goed ontwikkeld leefgebied	5
3	**Het heuvelland rond Wolfhaag omstreeks 1950-1995**	**9**
3.1	Inleiding	9
3.2	Toestand rond 1950	9
3.3	Toestand rond 1975-1995	10
4	**Beknopte systeembeschrijving**	**12**
4.1	Beschrijving regionale systeem	12
4.2	Vaalsbroek	14
4.3	Paedsbemt	18
4.4	Wolfhaag	21
4.5	Galjebendsje	25
4.6	Winnebroek	28
5	**Advies en maatregelen**	**32**
Referenties		35
Bijlage 1 – Boorbeschrijvingen		36
Bijlage 2 – Bodemanalyses		38
Bijlage 3 – Wateranalyses		39
Bijlage 4 – Vegetatieopnames		41

Royal HaskoningDHV

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Natuurbank wordt gezien als een strategisch onderdeel in het nationale beleid om de invloed van stikstofbelasting op natuurwaarden te verminderen voor projecten van het Rijk en waterschappen. Het doel is om de invloed van hun projecten van groot openbaar belang neutraal of positief te laten worden. De Natuurbank zal hierbij als compensatiemaatregel natuur beschikbaar stellen. Op de terreinen die hierin zijn opgenomen zijn reeds natuurherstelmaatregelen getroffen, waarbij het dan gaat om stikstofgevoelige habitattypen en leefgebieden voor soorten waarvoor Natura 2000-instandhoudingsdoelen gelden. Staatsbosbeheer wil de Natuurbank gebruiken om bestaande Natura 2000-gebieden sterker te maken. Met de pilot wordt inzicht verkregen hoe de Natuurbank in de praktijk kan werken en hoe extra hectares en de te ontwikkelen habitattypen of leefgebieden kunnen worden opgenomen in de Natuurbank. Daartoe moeten vooraf de potenties en noodzakelijke randvoorwaarden worden onderzocht.

1.2 Doel

In eerste instantie was het doel om locaties te selecteren waar potenties aanwezig zijn voor het realiseren van het habitattype Kalkmoeras (H7230). Zoals tijdens een oriënterend veldbezoek naar voren leek te komen is dit wellicht wat te hoog gegrepen op de meeste locaties, maar lijkt de verwachting wel gewettigd dat voor een aantal deelgebieden in ieder geval ingezet kan worden op ontwikkeling van het leefgebied Dotterbloemgrasland (LG06). Ook zijn er mogelijk kansen voor de ontwikkeling van het habitattype Ruigten en zomen met moerasspirea (H6430A).

Dit onderzoek moet om te beginnen uitwijzen welke stikstofgevoelige habitattypen en/of leefgebieden op de voorgeselecteerde locaties in de omgeving van Wolfhaag naar verwachting tot ontwikkeling kunnen worden gebracht. Het doel van het onderzoek is inzichtelijk maken welke ecohydrologische potenties op deze locaties aanwezig zijn door het uitvoeren van een 'LESA-light'. Het detailniveau van het onderzoek en de rapportage moeten daarbij voldoende informatie geven over welke locaties geschikt zijn voor een nadere planuitwerking. Het vormt de basis voor de daaropvolgende stappen om te komen tot realisatie van maatregelen najaar 2023.

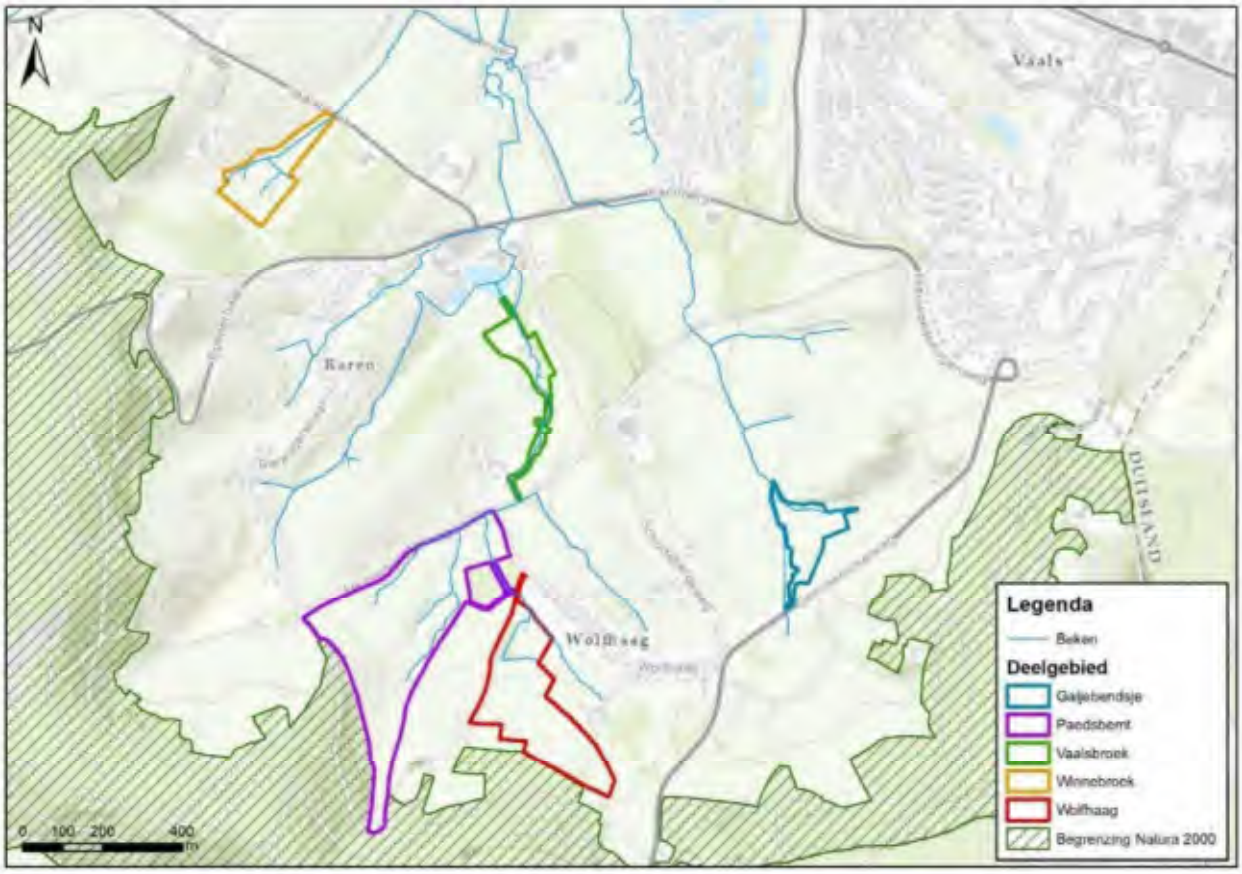
1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk twee wordt het onderzoeksgebied voorgesteld, de aanpak en het toetsingskader toegelicht. In hoofdstuk drie volgt een schets van de historisch-ecologische ontwikkeling van het gebied sinds 1950, Een beknopte systeembeschrijving van het gebied volgt in hoofdstuk 4 waarna aansluitend een soort 'LESA-light' per onderzoekslocatie is uitgewerkt, op basis van de resultaten van het veldonderzoek en bemonsteringen. In dit hoofdstuk worden ook per locatie de potenties besproken en worden maatregelen voorgesteld. Tot slot worden in hoofdstuk vijf de resultaten en maatregelen nog eens globaal op een rijtje gezet en op onderdelen ook in onderlinge samenhang geplaatst. Voorts worden hier ook enkele, mogelijke vervolgstappen voorgesteld.

2 Onderzoeksgebied en werkwijze onderzoek

2.1 Onderzoeksgebied

Het onderzoek spitst zich toe op vijf verschillende deelgebieden (zie Figuur 2-1). Deze deelgebieden bevinden zich op gronden van Staatsbosbeheer of Waterschap Limburg in de ruime omgeving van Wolfhaag. De locaties liggen ten zuidwesten van Vaals en worden aan de west-, zuid- en oostzijde omringd door het Natura 2000-gebied Geuldal. Gerekend vanuit de locatie/waterbuffer Vaalsbroek liggen alle onderzochte percelen binnen een straal van 1,5 km. Op korte afstand van de deelgebieden ligt aan de zuidzijde de grens met België en aan de oostzijde de grens met Duitsland.



Figuur 2-1 Ligging van de vijf verschillende deelgebieden in de ruime omgeving van Wolfhaag.

Ambitie

In alle deelgebieden zijn bronnen of beken aanwezig die onderdeel uitmaken van het grotere beeksysteem van de Zieversbeek. Met name de bronzones, de kleine bovenlopen en de nattere aangrenzende gronden bieden mogelijk potentie voor de ontwikkeling van de habitattypes Kalkmoeras, Ruigten en zomen met Moerasspirea en voor het leefgebied Dotterbloemgrasland. Binnen ieder deelgebied vormen de 'bronmoerassen', de kern van het onderzoek.

Royal HaskoningDHV

2.2 Werkwijze onderzoek

Stap 1: Voorbereiding en oriëntatie
Naast een eerste verkennend veldonderzoek met de opdrachtgever maakte ook een korte literatuurscan deel uit van deze werkstap. Hierbij is gezocht naar eerdere, voor dit onderzoek relevante eco(hydro)logische publicaties of onderzoeken die deze locaties ook omvatten. Deze gegevens zijn vervolgens samen met openbaar beschikbare informatie over o.a. bodem, hydrologie en maaiveldhoogte gebruikt voor de beknopte systeembeschrijving (ofwel de 'LESA-light').

Stap 2: Veldonderzoek onderzoeksgebied
Op 5 en 6 juli 2022 heeft het veldonderzoek in het onderzoeksgebied plaatsgevonden. Het veldonderzoek was gericht op het aanwezige lokale systeem, en daarbinnen het identificeren van mogelijke kansen en knelpunten. Naast enkele specifieke onderdelen (zie hieronder), is ook de algemene landschappelijke setting van de percelen in hun omgeving beschouwd (bijvoorbeeld aanpalend landgebruik) en is ook de waterhuishoudkundige situatie in ogenschouw genomen, zoals insnijding van aanwezige watergangen, sporen van erosie, sedimentatie, detailontwatering of sporen daarvan.

Ter plaatse van de bronmoerassen en hun randzones zijn in de aanwezige (helling)gradiënt de volgende aspecten nader onderzocht. Het gaat hierbij om:
- Bodemopbouw
- Bodemkwaliteit
- Waterstand en waterkwaliteit
- Vegetatie

Bodemopbouw
Op 33 locaties verspreid over de deelgebieden zijn boringen gezet en is de bodemopbouw beschreven tot maximaal 1,2-1,5 m. Hierbij is specifiek gelet op het voorkomen van (bedolven) veenlagen in het profiel en kalk- en ijzerverschijnselen in het profiel. Met behulp van een simpele bruistest met zoutzuur is de mate van de aanwezigheid van kalk in het profiel bepaald.

Bodemkwaliteit
Op een aantal locaties verspreid over de deelgebieden zijn bodemmonsters genomen om de fosfaatrijkdom te bepalen en een indruk te krijgen van de basenrijkdom. Op een aantal locaties zijn de bodemmonsters van twee vergelijkbare locaties binnen een deelgebied samengevoegd tot een mengmonster. In totaal gaat het om vier mengmonsters die twee locaties representeren en vier monsters die een enkele locatie representeren. Op alle locaties is de bovenste 20 cm van de bodem bemonsterd.

Per bodemmonster zijn de volgende parameters bepaald:
- Olsen-P (een maat voor de planten-beschikbare hoeveelheid fosfaat (P));
- Totale concentratie Aluminium (Al), Calcium (Ca), IJzer (Fe), Kalium (K), Magnesium (Mg), Mangaan (Mn), Natrium (Na), Fosfor (P), Zwavel (S), Silicium (Si) en Zink (Zn) via destructie;
- Bodemkarakteristieken organische stofgehalte, vochtgehalte en bulk density.

Omdat de vegetatie in een bepaald volume bodem wortelt, niet in een bepaalde massa bodem, is het massavolume (bulk density) bepaald. Hierdoor wordt het mogelijk om de analysedata, die in mmol/kg droge bodem worden gegeven, om te rekenen naar mmol/l verse bodem. Daarmee wordt een vergelijking met referentiewaarden mogelijk op een voor planten relevante schaal.

De bodemchemische analyse is uitgevoerd door en volgens de standaardprotocollen van het gecertificeerde onderzoekslaboratorium Brightlabs in Venlo. Op hoofdlijnen volgen deze hieronder. Olsen-P is bepaald door droog bodemmateriaal met zogenoemd Olsen-extract (0,5 M $NaHCO_3$ bij pH 8,4) te

schudden en het extract te analyseren op een ICP (Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer). Voor de destructie is het bodemmateriaal na drogen vermalen met een oplossing van HNO_3 en H_2O_2 in een destructiemagnetron geplaatst, waardoor het materiaal ontsloten wordt en de concentratie van de verschillende elementen en zware metalen kan worden bepaald. Concentraties zijn vervolgens bepaald met behulp van ICP-MS en ICP-EOS analyse.

Waterstand en waterkwaliteit
Nadat de boringen op de eerste dag van het veldonderzoek waren uitgevoerd zijn de boorgaten opengelaten. Nadat de grondwaterstand zich ruim 24 uur heeft kunnen stabiliseren zijn de grondwaterstanden vervolgens gepeild. De waterstanden zijn in de tabel van Bijlage 1 en 4 opgenomen. Na het peilen is het grondwater op achttien boorlocaties met, op het oog, een grotere potentie bemonsterd. De bemonstering is uitgevoerd door het grondwater door een filter van een peilbuis omhoog te pompen. Naast het grondwater is ook op vijf locaties het oppervlaktewater van een bron of beek bemonsterd. De monsters zijn direct na bemonstering gekoeld bewaard (koelbox) en vervolgens bij het laboratorium afgeleverd.

De waterkwaliteitsanalyse is uitgevoerd door en volgens de standaardprotocollen van het gecertificeerde onderzoekslaboratorium Brightlabs in Venlo. Voor de watermonsters is naast pH en EGV (Elektrisch Geleidingsvermogen) de chloride- (Cl), fosfaat- (PO4), nitraat- (NO3), sulfaat (SO4), aluminium- (Al), calcium- (Ca), ijzer- (Fe), kalium- (K), magnesium- (Mg), mangaan- (Mn), natrium (Na), silicium- (Si), zink- (Zn), fosfor- (P), ammonium- (NH4) en bicarbonaat- (HCO3) concentratie bepaald.

Vegetatie
Op bijna alle locaties waar de bodemopbouw in beeld is gebracht is ook een vegetatieopname gemaakt. In totaal gaat het om 30 vegetatieopnames. De vegetatieopnames zijn uitgevoerd volgens de Tansley methode (decimale schaal van 1 tot 9) in een plot van 3x3 m. De vegetatieopnames zijn vervolgens ASSOCIA in Turboveg geclassificeerd tot een plantgemeenschap conform de gereviseerde Vegetatie van Nederland.

Binnen de verschillende onderzoeklocaties is aanvullend op in totaal een tiental plaatsen de biomassaproductie bepaald (luchtdroog, zonder dood materiaal). Dit kan een indruk geven van de voedselrijkdom. Bij een biomassaproductie van meer dan 500 gr/m^2 is de kans op het voorkomen van zeldzame, gewoonlijk fosfaatgevoelige soorten gering.

2.3 Randvoorwaarden

Op basis van een integratie van de verzamelde informatie uit de voorgaande stappen is vervolgens het ecohydrologische systeem ter plaatse uitgewerkt. Zo worden ook kansen en knelpunten zichtbaar in relatie tot de aanwezige potenties.

Voor de potentiebepaling is gebruik gemaakt van bekende referentiewaarden en condities (OGOR meetnet, Provincie Limburg 2011; OBN-Kalkmoerassen, De Mars et al. 2017; en de referentiewaarden van B-Ware) en zijn de ecologische potenties van de desbetreffende locaties geschetst. Het gaat hierbij zowel om specifieke bodemparameters als om grondwaterkwaliteits-parameters. De aandacht gaat in beginsel uit naar het realiseren van Kalkmoeras en/of Leefgebied Dotterbloemhooiland (in de vorm Dotterbloem-bronhooiland en Bosbiesvegetatie). De randvoorwaarden zijn hieronder samengevat in Tabel 2-1. Op het Leefgebied Dotterbloemgrasland en enkele meer kritische, indicatieve indicatorsoorten en vereisten en knelpunten daarvoor wordt hieronder in paragraaf 2.4 nog nader ingegaan.

Royal HaskoningDHV

Tabel 2-1 Ecohydrologische randvoorwaarden voor het Kalkmoeras en Dotterbloem-bronhooiland

Kalkmoeras-hellingveen			pH	Ca (mg/l)	HCO3 (mg/l)	NO3 (mg/l)
Grondwaterstand (GLG)	< 25 (30) cm -mv	Water	6,45 / 8,1	> 100	> 200	< 5
Olsen-P	< 400 - 500 µmol/l					
Ca_{tot} bodem	> 100 mmol/l					
Dotterbloem-bronhooiland & Bosbiesvegetatie			**pH**	**Ca (mg/l)**	**HCO3 (mg/l)**	**NO3 (mg/l)**
Grondwaterstand (GLG)	< 60 cm -mv	Water	6,0 / 7,5	> 50	< 60	< 5
Olsen-P	300 - 800 (1000) µmol/l					
Ca_{tot} bodem	> 60 mmol/l					

2.4 Leefgebied beekdalen en indicatorsoorten

2.4.1 Leefgebied Dotterbloemgrasland

Het Leefgebied Dotterbloemgrasland van beekdalen (LG06) omvat het stikstofgevoelige leefgebied van meerdere Habitat- en Vogelrichtlijnsoorten. Dit leefgebied betreft dotterbloemgraslanden van beekdalen, voor zover die niet overlappen met het sterk verwante habitattype Blauwgraslanden (H6410). Het leefgebied Dotterbloemgrasland van beekdalen bestaat uit kruidenrijk en deels ook zeggerijk grasland op natte tot matig natte, matig zure tot neutrale, vooral zwak eutrofe, humeuze tot venige zand- en leemgrond en veengrond. Typische vegetaties zijn vegetatietypen uit het Dotterbloem-verbond (r16Aab). Het type komt voor in het Heuvelland en de Hogere zandgronden, in (meestal brede) beekdalen die voornamelijk gevoed worden door kwelwater. Ook kan het type voorkomen op hoger gelegen gronden die bevloeid worden met basenrijk water. De soorten voor wie dit leefgebied is aangewezen zijn Donker Pimpernelblauwtje, Pimpernelblauwtje, Paapje, Grauwe Klauwier, Grutto, Kwartelkoning, Tureluur en Watersnip.

Watersnip wordt in het onderzoekgebied in het winterhalfjaar zo nu en dan wel aangetroffen in de moerassige terreintjes als overwinteraar dan wel als doortrekker, maar is minder kritisch ten aanzien van de kwaliteit van het omliggende leefgebied. Verder komt alleen de Grauwe Klauwier in de omgeving van Wolfhaag voor en broedt hier ook. Een overmaat aan stikstof kan voor het leefgebied van de Grauwe klauwier leiden tot een afname aan prooibeschikbaarheid (Bouwman et al., 2016). Specifiek voor de Zuid-Limburgse bronmoerassen kunnen nog twee indicatieve kwaliteitsindicatoren aan de lijst worden toegevoegd, te weten de Purperstreepparelmoervlinder en de Rode vuurvlinder (De Mars et al., 2017: zie verder paragraaf 2.4.2). Er zijn meer soorten die vergelijkbare habitateisen kennen (bijv. Bruine vuurvlinder), maar we nemen deze twee dagvlinders hier gidssoorten.

2.4.2 Indicatoren van een goed ontwikkeld leefgebied

Grauwe klauwier

De Grauwe klauwier is een broedvogel van ruige, halfopen gebieden met opslag van struweel of jong geboomte. De aanwezigheid van flink wat grote insecten als kevers, bijen en hommels is erg belangrijk, zij vormen de hoofdmoot van het menu. Deze soort is aangewezen als Vogelrichtlijnsoort, met een extra beschermde status in een aantal Natura 2000-gebieden. Grauwe klauwier is een van de soorten die afhankelijk is van het stikstofgevoelige Leefgebied dotterbloemgraslanden. Zuid-Limburg vormt een van de bolwerken van de verspreiding van deze soort (Vogelbescherming Nederland, 2022).

Royal HaskoningDHV

De omgeving van Wolfhaag vormt in de huidige situatie en in toenemende mate een geschikt leefgebied voor de Grauwe klauwier, met een kleinschalige afwisseling tussen graslanden, ruigtes en struweel(hagen).

Het leefgebied van deze vogelsoort kan rond Wolfhaag nog beter worden dankzij de extensivering van steeds meer gronden en enkele te nemen maatregelen. De eerste maatregel is om te kijken waar binnen het landschap nog extra struweelhagen, boomgroepen etc. geplaatst kunnen worden dan wel tot ontwikkeling kunnen komen. De voorkeur gaat hierbij uit naar locaties waar vroeger graften aanwezig waren die met de intensivering van de landbouw zijn verdwenen. Maar ook om op deze wijze de groene dooradering van het resterende landschap onderlangs het Vijlenerbos verder worden uitgebreid en versterkt richting Mechelderbeekdal

Twee dagvlinders

Voor de beekdal- en hellingmoerassen en hun gradiënten met de naast omgeving kunnen bepaalde meer kritische soorten dagvlinders worden aangemerkt als indicatoren voor een goede landschappelijke samenhang en habitatkwaliteit (Bink, 1992). Het is met oog op het afwisselend ruimtegebruik gedurende de levenscyclus van veel soorten uitermate belangrijk dat de gehele gradiënt (droog-nat / voedselarm-voedselrijk) wordt ontwikkeld en bijvoorbeeld niet alleen het Kalkmoeras of Dotterbloemgrasland. Veel van die meer kritische soorten zijn al langere tijd uit de regio verdwenen waarbij opvalt dat ze al kort na de intensivering van de landbouw zijn verdwenen (laatste waarnemingen 1945-1957: (De Vlinderstichting, 2022; De Mars et al., 2017).

In het recente verleden zijn specifiek voor het Heuvellandschap nog twee soorten aangetroffen die indicatief zijn voor een goede landschappelijke kwaliteit. In deze regio zijn ze gebonden aan de aanwezige beekdal- en hellingmoerasvegetaties, te weten de Purperstreepparelmoervlinder (*Brenthis ino*; Figuur 2-2) en de Rode vuurvlinder (*Lycaena hippothoe*). Beide soorten zijn redelijk mobiel waarbij van de Purperstreepparelmoervlinder bekend is dat ze een actieradius heeft van 2 kilometer. De vliegtijd van de Purperstreepparelmoervlinder en de Rode vuurvlinder overlapt grotendeels en ligt in de periode vanaf begin juni tot augustus (De Vlinderstichting, 2022; De Mars et al., 2017).

De Purperstreepparelmoervlinder heeft daarbij een voorkeur voor de wat productievere milieus dan de Rode vuurvlinder en heeft als waardplant Moerasspirea. Het zijn veelal licht eutrofe, vochtige-natte plaatsen met begroeiingen verwant aan het *Filipendulion* en het *Calthion* (Sawchik et al., 2005). De Rode vuurvlinder wordt in dat milieu ook wel aangetroffen maar is toch meer een soort van de soortenrijke beemden van het *Arrhenatherion*, *Calthion* en schraallanden van het *Junco-Molinion*, hoewel ook drogere locaties niet worden geschuwd (Sawchik et al., 2003). Ze gebruikt als waardplant vooral de Veldzuring. Het zal duidelijk zijn dat wat betreft de waardplanten voor beide soorten geen belemmering uitgaat, beide waardplanten komen algemeen voor, zodat het probleem op een ander(e) vlak(ken) ligt.

Van de Puperstreepparelmoervlinder zijn meer dan honderd waarnemingen bekend uit Zuid-Limburg uit de periode 1891-1962, maar ook sinds 1998. De soort was o.a. vooral bekend uit het Geuldal en de omgeving van Kerkrade. Recentelijk dook ze in het grensgebied op bij Noorbeek, Kerkrade en Vaals (2015, 2 ex). Bij Kerkrade was zelfs geruime tijd sprake van een geïsoleerde populatie. Zie ook Veling & Wynhoff (2020) voor een analyse van het historische voorkomen en de toekomstige kansen voor deze soort in Zuid-Limburg.

Royal HaskoningDHV

Van de Rode vuurvlinder zijn slechts enkele oude waarnemingen uit Zuid-Limburg bekend. Recenter zijn echter in 1981 en 2013 in de omgeving van Vaals twee zwervende exemplaren van de Rode vuurvlinder waargenomen. Aangezien de waardplant niet de beperkende factor is, moet zeker voor deze soort, naast versnippering, gedacht worden aan de trofiegraad van het leefgebied.

Figuur 2-2 Bij een goede ruimtelijke structuur kan de purperstreepparelmoervlinder zelfs op kleine oppervlakte met de waardplant Moerasspirea worden aangetroffen (foto 5.1.2e).

De beschikbare informatie doet vermoeden dat ook de Purperstreepparelmoervlinder op extensief graslandbeheer is aangewezen, waardoor enerzijds de open vegetatiestructuur in stand wordt gehouden en voldoende nectarplanten aanwezig zijn en anderzijds de voor overwintering essentiële strooisellaag intact blijft (Veling & Wynhoff, 2020). In essentie zijn dat voorwaarden waaraan ook de hellingmoerassen en hun naaste omgeving (in potentie) zouden kunnen voldoen.

Knelpunten in het Heuvelland

Beide soorten kunnen ten aanzien van het ruimtelijk voorkomen worden getypeerd als soorten met een klassieke metapopulatie structuur; Een verzameling lokale populaties die onderling uitwisselen (Sawchik et al., 2005; Zimmermann et al., 2005; Cozzi et al., 2008; Turlure et al., 2010). Lokale populaties beslaan doorgaans minimaal 1 ha. De waargenomen dichtheden aan vlinders bij beide soorten zijn daarbij behoorlijk hoog. Voor de totale oppervlakte van een duurzame metapopulatie moet dan in de orde van grootte van enige tientallen hectares worden gedacht, wat het belang onderstreept van een goede landschappelijke samenhang tussen de desbetreffende hellingmoerassen. Een groot nectaraanbod is belangrijk, maar beide soorten zijn verder niet zo kieskeurig wat betreft nectarplanten.

Afgaand op de recente waarnemingen, doen beide soorten geregeld pogingen tot herkolonisatie. Soms leidt dat dus tot een tijdelijke populatie (Anselderbeekdal, Kerkrade). Duurzame herkolonisatie blijft echter vooralsnog uit. De knelpunten voor Purperstreepparelmoervlinder en Rode vuurvlinder in het huidige landschap liggen vooral op de volgende punten:

- Onvoldoende aanbod van leefgebied van geschikte kwaliteit, zoals hieronder samengevat:
  - Vochtig tot nat, open terrein, extensief gebruikt,
  - Geen sterke vertrapping van leef- en overwinteringsgebied door vee, vooral bij aanhoudend warme en droge perioden.
  - Hoogstens matig voedselrijk milieu voor de Rode vuurvlinder (Purperstreepparelmoervlinder is minder kritisch)

Royal HaskoningDHV

  - Bloemrijk met in elk geval distels en koekoeksbloemen
  - Gefaseerd beheerd met tijdelijk overstaande delen
  - Voldoende beschut, maar ook voldoende door de zon beschenen

- Onvoldoende ruimtelijke samenhang: dit geldt zowel voor de kolonisatie als voor de verdere populatie opbouw
  - Incidentele kolonisaties worden waargenomen, maar het is de vraag of deze bij voldoende geschikt leefgebied ook toereikend zouden zijn om tot duurzame vestiging te leiden. Daarvoor is de isolatie ten opzichte van bronpopulaties mogelijk te groot.
  - Voor de opbouw van een metapopulatie is een netwerk van plekken vereist op onderlinge afstanden van hooguit één kilometer voor een effectieve uitwisseling van deelpopulaties

Uitgaande van de ruimtelijke samenhang kan worden opgemerkt dat wat betreft de opbouw van een metapopulatie in de basis in de regio al een netwerk aanwezig is. Alle in het onderzoek betrokken locaties liggen, gerekend vanuit de onderzoekslocatie Vaalsbroek, binnen een straal van 1,5 km (zie ook paragraaf 2.1). Daarbij geldt dat daarbinnen zelfs nog een aantal andere, moerassige terreintjes liggen met overeenkomstige vegetaties, zoals bij Frankenhofmolen en bij Aan de Esch (Vaals).

Beide soorten bereiken in Nederland de grens van hun areaal. Als gevolg van klimaatverandering wordt in de toekomst een opschuiving van het areaal in noordelijke richting verwacht. Opwarming kent echter ook de bedreiging van het verdwijnen van vochtige vegetaties. Het studiegebied heeft hierbij het voordeel van haar hoge ligging (natter en koeler; zie hoofdstuk 4) en dat het op de minder intens door de zon beschenen noordflank van het Plateau van Vijlen-Vaals ligt. De onzekerheden zijn op dit vlak echter groot en een goede habitatkwaliteit, vooral een stabiele hydrologie, blijkt veel van de klimatologische variatie te kunnen opvangen (zie bijv. Franco et al., 2006). Vooral de invloed van kwelwater kan een koeler microklimaat waarborgen. Daarom wordt klimaatverandering vooralsnog niet als doorslaggevend knelpunt gezien, maar het herstel van de hydrologie des te meer! Al met al kan herstel en ontwikkeling van hellingmoerassen -en daarmee herstel van de natuurlijke gradiënt- een bijdrage leveren aan het duurzame behoud van het leefgebied voor kritische dagvlinders (De Mars et al., 2017).

Royal HaskoningDHV

3 Het heuvelland rond Wolfhaag omstreeks 1950-1995

3.1 Inleiding

Als onderdeel van de voorverkenning is binnen de beperkte mogelijkheden gezocht naar historische, voor dit onderzoek mogelijk relevante eco(hydro)logische onderzoeken en publicaties die wat meer inzicht bieden in de ontwikkelingen in het onderzoeksgebied vanaf de tweede helft van de 20e eeuw. Hierbij zijn drie bronnen aangetroffen die hierin wat meer inzicht bieden, die hieronder beknopt worden besproken. In het kader van deze studie kon verder niet worden gezocht in archieven naar mogelijk nog beschikbare, onderliggende inventarisatiegegevens.

De oudste bron beschrijft globaal de situatie in het onderzoeksgebied omstreeks eind jaren veertig / begin jaren vijftig van de vorig eeuw. Daarin klinken ook de eerste, zeer lokale signalen van de intensivering van het grondgebruik door en wordt in de studie zelf ook sterk voor verdere intensivering gepleit.

3.2 Toestand rond 1950

Inleiding

In 1953 werden door het toenmalige Landbouwconsulentschap resultaten gepubliceerd van landbouwkundig onderzoek van een graslandkartering binnen de Gemeente Vaals, een gebied globaal gelegen tussen Vijlen en Vaals (Zeguers & van Hijfte, 1953). De kartering was primair landbouwkundig ingestoken maar de uitkomsten bieden ook vanuit een meer landschapsecologisch perspectief een inkijkje in de toenmalige vegetatieontwikkeling van de hellinggraslanden in de regio, in een periode waarin overbemesting en stikstofdepositie nog amper een rol speelden.

De werkwijze kwam er in het kort op neer dat de botanische samenstelling van ieder perceel zo nauwkeurig mogelijk wordt geschat, waarbij de gewichtsverhoudingen van met name de verschillende grassen, klavers en 'onkruiden' zo nauwkeurig werd ingeschat. Op basis van de onderlinge verhoudingen en de landbouwkundige waardering van de verschillende soorten kon een perceel landbouwkundig nader worden gewaardeerd in zes categorieën, variërend van 'zeer slecht' tot 'uitstekend'. In het studiegebied werden in 1949-1951 in totaal 696, oude graslandpercelen op die wijze opgenomen. Toen recent verbeterde percelen (38) en boomgaarden werden hierbij buiten beschouwing gehouden.

Uit de tekst valt niet op te maken of ook de echt natte beekdalmoerasjes zijn meegenomen. Net als tegenwoordig waren dat ook toen kleinere plekken in het perceel, in laagten of geulen. Aangezien men de percelen destijds als erg groot betitelde, is het goed mogelijk dat men dat soort plekken, of vanwege de uniformiteit van de opname heeft overgeslagen, of dat het belang van de "natte" soorten is wegvallen vanwege hun geringe oppervlak ten opzichte van de rest.

Toestand rond 1950

Samengevat scoorde het studiegebied landbouwkundig destijds als "*matig*". Landbouwkundig zeer gewaardeerde soorten als Beemdlangbloem, Timothee en Veldbeemdgras kwamen hier nauwelijks voor in de graslanden. Vooral percelen die uitsluitend als hooiland werden benut (16% van totaal) of als (te laat gemaaide) hooiweiden te boek stonden, werden zelfs naar de toenmalige (lagere) maatstaven als "laagwaardig" aangemerkt. De beste graslanden werden lager op de helling aangetroffen, vooral ter weerszijden van de provinciale weg Gulpen-Vaals. De slechtste percelen, 14% van totaal, lagen veelal hogerop tegen de Vaalserberg en tegen het Vijlenerbos, met andere woorden in ons huidige studiegebied. Engels raaigras en Ruw beemdgras waren in die hogerop gelegen percelen weinig te vinden. Het klaverbestand werd ook als matig gewaardeerd. Opvallend zijn de hoge aandelen van landbouwkundig laagwaardige soorten als Rood zwenkgras, witbol en Fioringras en een flink aandeel kruiden in de onderzochte graslanden. Qua kruiden worden daarbij met naam en toenaam speciaal Herfstleeuwentand,

Groot streepzaad, Smalle weegbree, boterbloemen, maar ook Gewoon biggenkruid genoemd. Deze laatstgenoemde soort wordt met name genoemd als indicatie van de slechte bemestingstoestand. In het algemeen wordt gesteld:

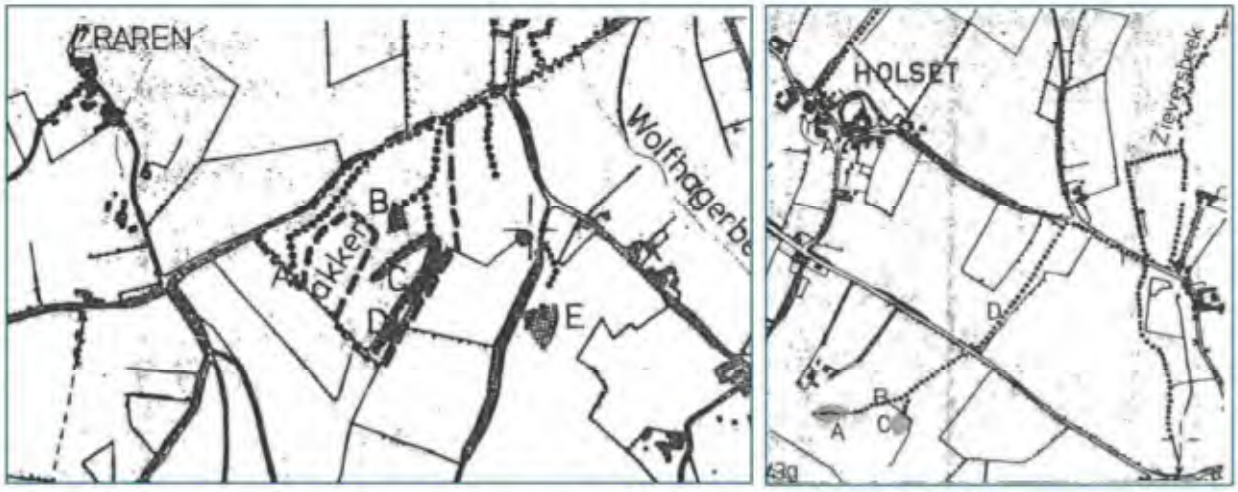
> *"De bemestingstoestand van vele percelen grasland in Vaals is niet anders dan slecht te noemen. - Van een voldoende regelmatige bemesting met kali en fosfor is op vele percelen nog geen sprake. - De pH is veelal veel te laag. - De stikstofbemesting is eveneens in het algemeen nog zeer laag".*

Hoewel nadere details niet beschikbaar zijn, kan mede aan de hand van twee nog bestaande percelen op de oostflank van het dal ten oosten van Wolfhaag ('de Hey') en bij Cottessen en een door Heimans in 1911 beschreven wandeling in een geologisch min of meer overeenkomstig deel van het grensgebied rond Klein Kullen (Verschoor & Willems, 2012), de samenstelling van die schralere beemden en natte hooilanden in deze regio nog wat nader worden ingevuld. Het gaat dan o.a. ook om soorten als Bleke zegge, Grasklokje, Gewone veldbies, Gewoon duizendblad, Blauwe knoop en Knoopkruid. Beide laatstgenoemde soorten zijn in het Cottesserbeekdal (SLL) sinds de extensivering van de hellinggraslanden aldaar in het afgelopen decennium zelfs weer sterk toegenomen.

Het onderzoek besluit met adviezen die gericht zijn op intensivering en opbrengstverhoging. Afgezien van verbeterde gebruiksvormen en een verhoging van de bemestingsgraad wordt in dat verband opmerkelijk genoeg ook gepleit voor een schaalverkleining van de aanwezige grote graslanden.

3.3 Toestand rond 1975-1995

Omstreeks 1975 is het beeld wezenlijk veranderd; De directe omgeving rond de verschillende bronplekken en -loopjes zijn dan matig tot soms zwaar bemest, waarbij de bronplekken zelf soms verruigd zijn. Lokaal blijken natte plekken en bronbeken al in drainagesystemen te liggen (Cuppen & Moller-Pilot 1978). Voor Paedsbemt worden terloops enkele plantensoorten genoemd, te weten Moerasspirea, Beekpunge en vlotgrassen (Cuppen & Moller-Pilot 1978; Figuur 3-1, links; bronzones A-C). Het gedeelte tussen de Benden en de Meelenbroekbeek blijkt als akker in gebruik te zijn. Heden ten dage is dat voormalig gebruik nog altijd te herkennen aan het geëgaliseerde karakter van dat deel van het terrein (net als het aangrenzende, wat hogerop liggende deel; zie ook Figuur 4-8).



Figuur 3-1 Situatieschets van de in 1977 onderzochte bronsituaties in De Paedsbemt [links:.A-D], Wolfhaag (links, E.) en Winnebroek [rechts A-C]. Bron: Cuppen & Moller Pilot 1978.

60269 0058

Royal HaskoningDHV

Van het Winnebroek (Figuur 3-1, rechts; bronzones A-C) wordt gemeld dat de waarde van het brongebied door vertrapping door vee negatief wordt beïnvloed. Daarnaast worden hier de aanwezigheid van stuwtjes gemeld in de uit het bronmoeras afstromende watergang (B). De vegetatie van dit bronmoeras omvat dan o.a. soorten als vlotgrassen, Bosbies, Moeraszegge, Witbol, Kale jonker, Echte koekoeksbloem, Wilde bertram en Beekpunge. Het zijn robuuste soorten die er ook nu nog steeds present zijn.

Figuur 3-2 Drainagebuizen in watergang bij Wolfhaag.

Op de locatie Wolfhaag wordt het huidige bosje in de zuidwesthoek al beschreven als een mede "door mislukte drainagepogingen sterk verruigde heleocrene bron" (Figuur 3-1, links, bronzone E), die ten dele ook met populieren is beplant (Cuppen & Moller-Pilot, 1978). Feit is, dat in een diepliggende watergang aldaar nog steeds drainagebuizen zichtbaar zijn (Figuur 3-2).

Omstreeks 1995 wordt het landschap inclusief de natte hooilandjes als volgt beschreven. "*De Zieversbeek is een karakteristiek veerdelig vertakt bekenstelsel dat de oostkant van het Vijlenerplateau afwatert. Helaas zijn op tal van plaatsen de beekjes overkluisd, bronmoerasjes min of meer drooggelegd en is het grondgebruik geïntensiveerd. Wat betreft hun nitraatbelasting lopen de bronnen sterk uiteen (15-75 mg/l) zonder dat daarbij een duidelijk patroon aanwezig is. Op tal van plaatsen komen hier interessante beekbegeleidende vegetaties voor. In en aan de beekjes zijn geregeld beekpunge, veldrus, bittere veldkers, echte koekoeksbloem, kleine watereppe en groot moerasscherm te vinden. Holpijp ook wel maar niet verder stroomafwaarts dan Weijershof*" (=Frankenhofmolen). "*Het onderscheid tussen bron en nat hooiland is hier vaak gering. Ze dragen op een enkele uitzondering na hetzelfde type vegetatie. Ze herbergen vrijwel altijd bosbies en holpijp*" (De Mars et al., 1998).

Dankzij herstelmaatregelen van het Waterschap zijn hier eind 20e eeuw veel bronbeken weer ontkluisd. In meer recente jaren zijn er echter steeds meer vergravingen en dwarsdammen gebouwd ten behoeve van waterbuffers (o.a. Vaalsbroek, Aan de Esch). Met de aanwijzing van het Provinciale Natuurnetwerk en Natura 2000-gebieden komt in deze periode ook in dit hooggelegen bronbeken-landschap meer aandacht voor herstel en natuurontwikkeling. De afgelopen 15 jaar zijn delen van het projectgebied rond Wolfhaag stapsgewijs aangekocht door Stichting ARK. Die heeft daarna het grondgebruik onder extensieve begrazing geplaatst en zijn lokaal ook weer lijnvormige elementen aangeplant. Op verschillende, al langer in beheer zijnde percelen, begint dat inmiddels haar vruchten af te werpen, zoals in de Paedsbemt.

Voor zover bekend is recenter geen standplaatsonderzoek uitgevoerd in de verschillende bronhooilandjes die deze omgeving rijk is. In 2011 is ten noorden van de Galgenberg een hellingmoerasje genaamd Aan de Esch, toen gedomineerd door Holpijp en Pitrus, bemonsterd in het kader van een inventariserend OBN-onderzoek (De Mars et al., 2012). Rond 1975 werd dit al aangemerkt als een geëutrofieerd, sterk verruigd bronmoeras (Cuppen & Moller-Pilot, 1978). De basis voor het hoge aandeel Pitrus in 2011 zou daar haar oorsprong kunnen hebben.

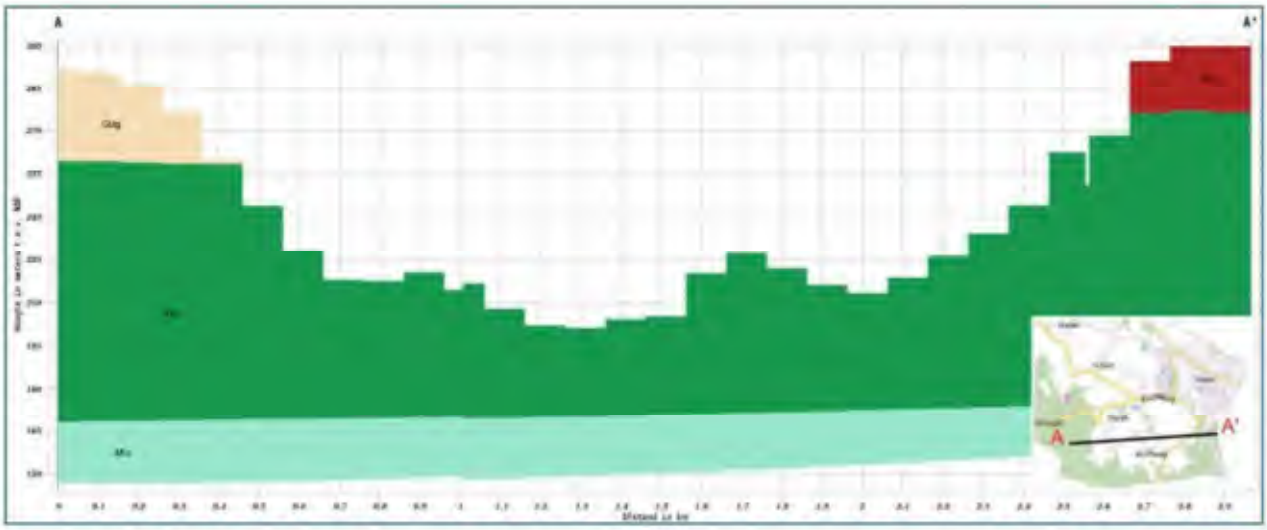
4 Beknopte systeembeschrijving

In dit hoofdstuk is de opgehaalde informatie uit het bureauonderzoek en uit het veldwerk opgewerkt tot een ecohydrologische/landschapsecologische systeembeschrijving van het onderzoeksgebied. Hierbij is in de eerste paragraaf op basis van bestaande gegevens een meer algemenere beschrijving gegeven van het regionale systeem in de ruimere omgeving van de deelgebieden. Vervolgens is per deelgebied een nadere beschrijving van het lokale systeem uitgewerkt, waarin ook met name de gegevens uit het veldwerk zijn verwerkt. Per deelgebied zijn de gegevens getoetst aan de randvoorwaarden (paragraaf 2.3).

4.1 Beschrijving regionale systeem

In Figuur 4-1 is een geohydrologische dwarsdoorsnede van de ruime omgeving van het onderzoeksgebied weergegeven. Hierin is aangegeven uit welke geohydrologische formaties de diepere ondergrond is opgebouwd. In het Laat-Pleistoceen en Vroeg-Holoceen zijn deze afzettingen aan maaiveld afgedekt met een dunne laag lössen verspoeld erosiemateriaal (zandige en stenige leem). Hogerop het plateau liggen vaak stugge verweringsleem of vuursteeneluvium.

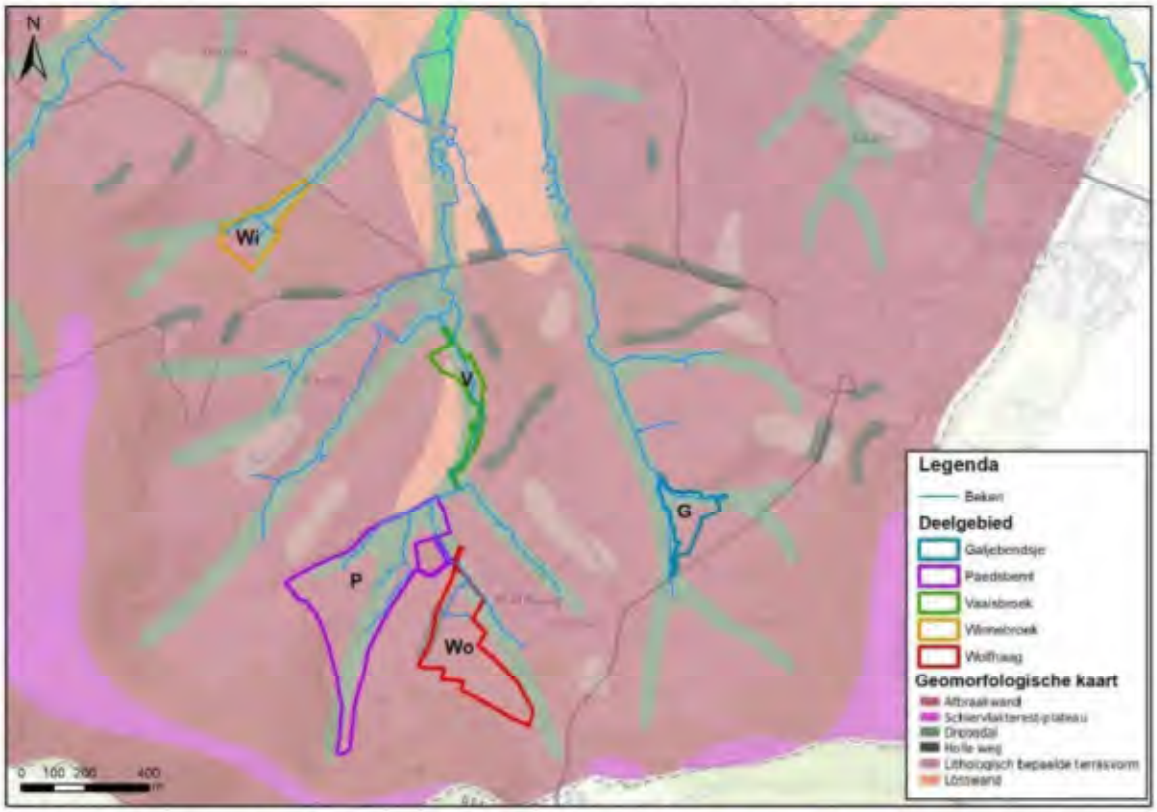
Voor de vijf deelgebieden geldt in meer geologische zin dat de beekdalen ingebed liggen in de complexe eenheid van de Formatie van Vaals (donkergroen in Figuur 4-1). Deze formatie bestaat uit een afwisseling van glauconiethoudende groenzanden en kleiige zandstenen die ooit zijn afgezet in een ondiep marien milieu. Dit zogenaamde Vaalsergroenzand vormt een slecht waterdoorlatend watervoerend pakket waarin echter ook minder slecht doorlatende lagen ingebed kunnen liggen en waaruit de bronnen dan veelal worden gevoed. Het zijn deze lagen waar rond Wolfhaag bij aansnijding op of aan de voet van hellingen het grondwater via bron- en kwelzones uittreedt.
Vanwege de slechte doorlatendheid van het totale pakket is ter plaatse verder weinig tot geen interactie met de dieper gelegen Formatie van Aken. Die (kalkrijkere) afzettingen dagzomen noordelijker, stroomafwaarts van Frankenhofmolen. Op de hogere plateaus komen nog resten van de Formatie van Gulpen (mergel) voor afgedekt met - of volledig bepaald door vuursteeneluvium van de Formatie van Heijenrath.



Figuur 4-1 Geohydrologische dwarsdoorsnede (REGIS II v2.2) van de ruime omgeving van het onderzoeksgebied (DINOloket 2022). GUq = Formatie van Gulpen, kalksteeneenheid; Vac = Formatie van Vaals, complexe eenheid; Akc = Formatie van Aken, complexe eenheid en HTc = Formatie van Heijenrath, complexe eenheid.

Geomorfologie

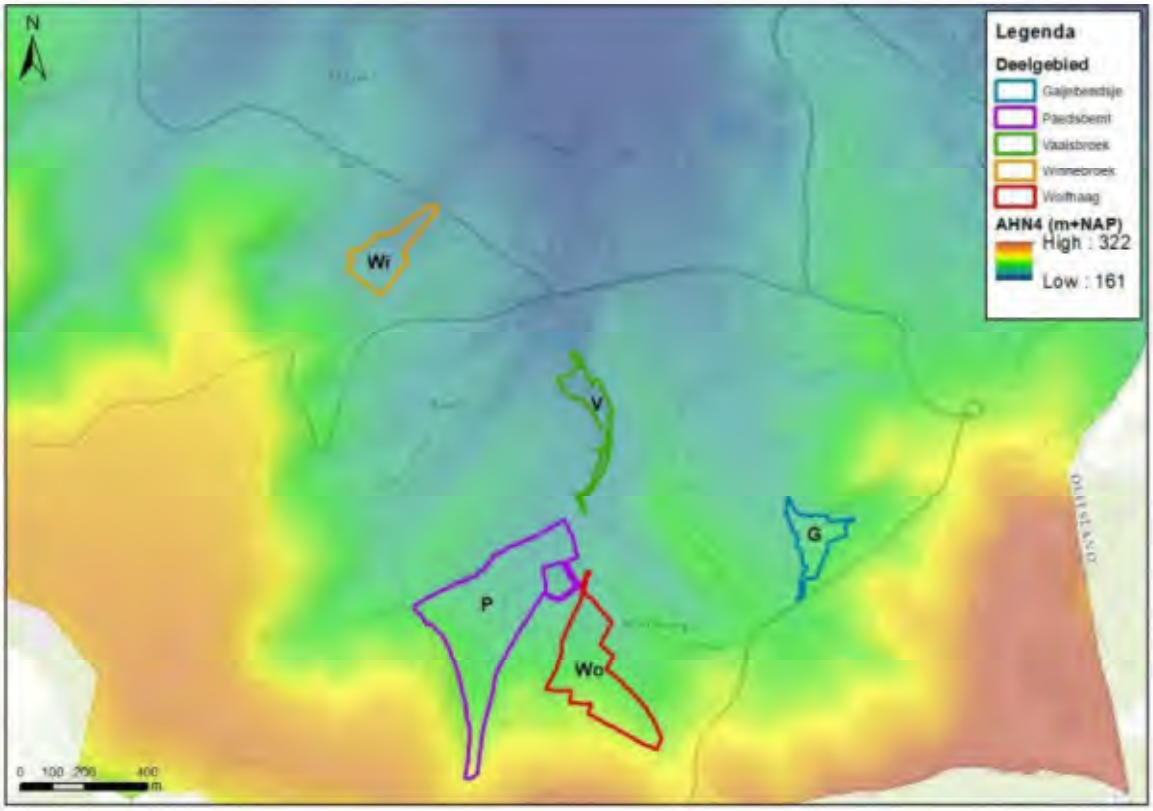
In Figuur 4-2 is de geomorfologische kaart van de ruime omgeving van het onderzoeksgebied weergegeven. Deze kaart geeft weer welke landvormen er voorkomen en hoe deze zijn ontstaan. De meest hooggelegen delen in de naaste omgeving van Wolfhaag behoren tot Schiervlakterest-plateau (zie ook Figuur 4-3). Dit zijn de resten van een hooggelegen plateau, dat gedurende het Laat-Tertiair en het Pleistoceen door bodembeweging is opgeheven en vervolgens hier nog niet door de eroderende werking van beken en rivieren is opgeruimd. Grenzend aan deze landvorm zien we op grote schaal het type Afbraakwand, waar dat wel is gebeurd en wat de ontstane steile hellingen als gevolg van deze erosie van het plateau typeert.



Figuur 4-2 Geomorfologische kaart (1:50.000) van de ruime omgeving van het onderzoeksgebied (Wageningen Environmental Research 2019). Ter verduidelijking van de gekleurde deelgebieden zijn de eerste (twee) letters van de namen weergegeven.

De beekdalen zijn op de kaart duidelijke weergegeven als de landvorm Droogdal, al loopt in de meeste dalen wel degelijk een watervoerende beek. Deze dalen zijn ooit ontstaan tijdens de laatste ijstijd (Weichselien) toen de ondergrond permanent bevroren was. Tijdens het ontdooien van de sneeuw en de bovenlaag van de bodem in het voorjaar sleten deze dalen uit door erosie van sneeuwsmeltwater en aardverschuivingen van hellingen over een bevroren ondergrond. In de benedenstroomse dalen en dalflanken komt het type Lösswand voor waar geërodeerde löss is afgezet (colluvium). Tussen de beekdalen in zijn op sommige plekken ook nog terrasvormen en holle wegen aanwezig.

De hierboven beschreven processen die het landschap in deze omgeving hebben gevormd, hebben voor Nederlandse begrippen geleid tot extreem grote reliëfverschillen. In Figuur 4-3 zijn de maaiveldhoogtes op basis van het AHN4 weergegeven, waarop dit reliëf duidelijk zichtbaar wordt. Het hoogste punt van Nederland (op ca. 322 m+NAP) bevindt zich hier vlakbij op de Vaalserberg in het zuidoosten, terwijl het dal van de Zieversbeek aan de noordzijde van het kaartbeeld een stuk lager ligt op ruim 160 m+NAP. Het gaat daarmee om een hoogteverschil van ruim 160 m over een afstand van nog geen 3 kilometer, met enkele zeer steile stukken. De in dit rapport onderzochte bron- en kwelzones rond Wolfhaag betreffen dan ook de hoogstgelegen bronsituaties van Nederland.



Figuur 4-3 Maaiveldhoogte (m+NAP) in de ruime omgeving van het onderzoeksgebied (AHN4 2022). Ter verduidelijking van de gekleurde deelgebieden zijn de eerste (twee) letters van de namen weergegeven.

Klimatologische accenten

De relatief hoge ligging van het studiegebied, aan de voet van het nog veel hoger gelegen Ardennen massief, zorgt voor naar Nederlandse maatstaven regenrijke omstandigheden (900 -1000 mm/jaar) en een koeler klimaat. Ondanks klimaatopwarming is hier nog vrijwel jaarlijks korte tijd sprake van een sneeuwdek. Een en ander draagt eraan bij dat deze regio ook het grootste neerslagoverschot in Nederland kent (>320 mm/ jaar). Het steile karakter van het landschap en de overwegend slecht doorlatende ondergrond zorgen er evenwel voor dat veel water snel tot afstroming komt.

4.2 Vaalsbroek

Het deelgebied Vaalsbroek ligt direct bovenstrooms van de Vaalsbroekermolen rond de Molenbroekerbeek. Binnen dit deelgebied bevinden zich locaties met potenties in de graslanden tegen de steile westflank van het beekdal. Figuur 4-4 geeft een impressie van de graslanden. Deze graslanden maken onderdeel uit van de regenwaterbuffer Molenbroekerbeek die aan de noordzijde wordt begrensd door een 2-2.5 m hoge opgeworpen gronddam (zie Figuur 4-5). Deze grondwal is (op basis van AHN2 en 3) tussen 2012 en 2018 in noordelijke richting verlegd om de regenbuffer te vergroten. De andere begrenzingen van de laagte volgen het natuurlijke reliëf. Het noordelijk deel van de laagte/waterbuffer lijkt destijds gedeeltelijk te zijn afgegraven en geëgaliseerd. De smalle Molenbroekerbeek snijdt zich daar ter plaatse toch diep in ten opzichte van maaiveld (ca. 75-100 cm). De buffer wordt tweemaal per jaar door het Waterschap gemaaid waarbij de meer drassige randen worden ontzien en blijven overstaan.

Figuur 4-4 Impressie van de graslanden in deelgebied Vaalsbroek. Links vanuit de noordwesthoek in zuidoostelijke richting gefotografeerd met de drogere graslanden op de voorgrond. Rechts de natte moeraszone met Moerasspirea (BV.06) in de bosrand.

Vegetatie

Op de locaties van de meetpunten BV.01 t/m 03, BV.05 en 06 zijn ook vegetatieopnamen gemaakt (zie Figuur 4-5 voor de ligging van de locaties). Deze opnamen zijn weergegeven in Bijlage 4. Uit deze opnames blijkt dat BV.01, 03 en 06 volgens ASSOCIA het best zijn te typeren als de Bosbies-associatie (*Scirpetum sylvatici*, r16Ab4) van het Dotterbloem-verbond. Locatie BV.06 valt daarbinnen meer te typeren als ruigte en heeft met een hoog aandeel Moerasspirea ook kenmerken van de Associatie van Moerasspirea en Echte valeriaan (*Valeriano-Filipenduletum*, r33Aa1). BV.05 valt het beste te typeren als deze Associatie van Moerasspirea en Echte valeriaan. BV.02 valt het beste te typeren als de Rompgemeenschap van Tweerijige zegge (RG *Carex disticha*, r16RG02), maar heeft ook kenmerken van de Bosbies-associatie.

De biomassaproductie (luchtdroog) van de moerasruigtevegetatie bij BV.06 bedroeg ca. 790 gr/m^2, wat als vrij hoog tot hoog is te betitelen.

Bodemopbouw en grondwaterstanden

De profielbeschrijvingen van de zeven boringen in Vaalsbroek zijn in Bijlage 1 weergegeven. Leem vormt hier overal de basis, maar zoals uit de profielbeschrijvingen blijkt zit daar qua opbouw nog best wat variatie tussen de profielen. In BV.01 en 02 is helemaal geen veen aangetroffen tot een diepte van 75 tot 80 cm, waarna door stenig materiaal niet dieper geboord kon worden. Op andere plekken werden in de ondiepe ondergrond wel veenlagen aangeboord. Die moeten ooit zijn bedolven door erosieproducten. Volgens de gedetailleerde bodemkaart (1:10.000) van de landinrichting Mergelland-oost (te raadplegen via: Wageningen Environmental Research 2022) bestaan de graslanden bodemkundig gezien volledig uit Rn35 Poldervaaggronden (lichte klei; homogeen; roest- en/of reductievlekken ondieper dan 50 cm-mv).

Het grondwater zat in meerdere boorgaten dieper dan 55 cm onder maaiveld (BV01, 02, 04 05). In de BV.03 en BV.05 t/m 07 is in het profiel binnen een meter diepte een veenlaag- of venige leemlaag aangetroffen. Bij BV.03 is bijvoorbeeld van 55 cm tot minimaal 115 cm diepte een veenlaag aanwezig. Op deze locaties was de gemeten grondwaterstand op 6 juli 2022 ook zeer dicht aan maaiveld (8 tot 15 cm-mv). Bij BV.05 zat de grondwaterstand wel wat dieper (60 cm-mv), maar deze locatie bevindt zich ook iets hoger op de gradiënt.

Figuur 4-5 Boorlocaties in deelgebied Vaalsbroek. De weergegeven grondwal tussen BV.01-4 en BV.05-7 ligt tegenwoordig noordelijker en volgt hier de noordelijke begrenzing van het deelgebied.

Bodem- en grondwaterkwaliteit

Van de boringen in Vaalsbroek zijn twee mengmonsters van de bodem genomen. Een mengmonster voor BV.01 en BV.02 en een mengmonster voor BV.03 en BV.06. De resultaten zijn in Bijlage 2 weergegeven. Het tweede mengmonster bestaat, in lijn met de profielbeschrijvingen, uit een iets vochtigere bodem met een hoger organisch stofgehalte, maar qua basen en nutriënten komt de kwaliteit sterk overeen. De concentratie Olsen-P is hier 2777 en 3193 µmol/l en het gehalte totaal-P bedraagt 22 en 24 mmol/l. Het gaat dus om zeer nutriëntrijke bodems, met name als het gaat om de hoeveelheid plantbeschikbaar fosfaat (Olsen-P). De basenrijkdom is ook vrij hoog, met calciumgehaltes van 151 en 231 mmol/l, kaliumgehaltes van 79 en 88 mmol/l en magnesiumgehaltes van 123 en 125 mmol/l. Dit zijn in vergelijking met de andere deelgebieden de hoogste basengehaltes, wat verklaard kan worden door de hoge minerale fractie in deze bodems. Het ijzergehalte is ook relatief hoog met 369 en 415 mmol/l.

Van de boringen BV.01 en 02 t/m 06 zijn uit de boorgaten ook monsters van het grondwater genomen. Voor BV.04 gaat het hierbij om de kwaliteit van de Molenbroekerbeek, aangezien deze boring het ingesneden beekprofiel betrof. De resultaten van de wateranalyses zijn weergegeven in Bijlage 3. Er zit redelijk wat variatie in de waterkwaliteit, waarbij BV.01 duidelijk afwijkt (zie ook de Stiff-diagrammen in Bijlage 3). Hier is een calciumgehalte van ca. 20 mg/l en een bicarbonaatgehalte van 110 mg/l aangetroffen tegenover een calciumgehalte van 65-90 mg/l en een bicarbonaatgehalte van orde grootte 200-350 mg/l bij de andere monsters. De buffering/basenrijkdom van het grondwater is dus duidelijk hoger op de locaties waar de grondwaterstanden dichter aan maaiveld komen. Dit wijst op een bijmenging van ter plaatse geïnfiltreerd (kalkarm) regenwater bij locatie BV.01.

Nadere analyse Vaalsbroek

De bodem is in dit deelgebied in de huidige wortelzone veel te voedselrijk voor de ontwikkeling van Kalkmoeras (zie Tabel 2-1). Mogelijk zou met het afgraven van de toplaag een wat voedselarmere bodem kunnen worden blootgelegd, maar gegeven de zeer hoge nutriëntrijkdom zal dan wel enkele decimeters moeten worden afgegraven. Deze oplossingsrichting ligt hier niet voor de hand. De grondwaterstanden zijn, afgezien van BV.01, hoog. Na flink afgraven zouden delen nagenoeg permanent onder water komen te staan. Bovendien zou een dergelijke afgraving ter plaatse een (extra) drainerende werking gaan krijgen, net als een destijds gegraven poel dat nu al heeft op de standplaatsen. Verder komen in de huidige situatie in dit deelgebied ook al vegetatietypen voor die kwalificeren voor leefgebied Dotterbloemgrasland (vegetatietype r16Ab4) en/of voor het Habitattype "Ruigten en zomen met Moerasspirea" (vegetatietype r33Aa1). Deze typen komen hier in mozaïek naast elkaar voor, waarbij de ruigtes natuurlijk ontstaan op de nattere plekken die minder frequent gemaaid worden. Dit biedt een mooie afwisseling aan leefgebieden met graslanden, ruigte en het aangrenzende beekbegeleidende bos. Met het huidige beheer worden die potenties voor dit deelgebied daarom al gehaald.

Het noordelijke deel van de buffer wordt gedraineerd door de daar vrij diep ingesneden bronbeek. Door de drainagebasis daarvan te verhogen (zie Figuur 4-6) zullen de aangrenzende delen van het grasland vernatten. Dit zal leiden tot uitbreiding van het oppervlak leefgebied Dotterbloemgrasland en/of voor het Habitattype Ruigten en zomen met moerasspirea.

Figuur 4-6 Voorgestelde maatregelen in deelgebied Vaalsbroek.

Royal HaskoningDHV

4.3 Paedsbemt

Het deelgebied Paedsbemt omvat de graslanden rond de verschillende zijtakken van de Molenbroekerbeek, ten zuiden van de boerderij Meelenbroek (voorheen Molenbroek) en de Meelenbroekweg. In deze graslanden ontspringt aan de westzijde de Meelenbroekbeek[1] en aan de zuidoostzijde de Benden, met hiertussen nog de Zijtak Benden. Het hoger gelegen terrein tussen deze zijtak en Meelenbroekbeek was rond 1975 nog in gebruik als akker. Het perceel ten zuiden van de Benden boven op de verruigde steilrand aan de zuidzijde, is pas sinds een paar jaar vanuit akker omgevormd naar extensief begraasd grasland. Aan de benedenstroomse (noord-) zijde van dit deelgebied voegen de andere beken zich bij de Molenbroekerbeek, die aan de noordoostzijde ook door dit deelgebied stroomt. Figuur 4-7 geeft een impressie van deze graslanden.

Figuur 4-7 Impressie van de graslanden in deelgebied Paedsbemt. Links het beeld van de vochtige ruigte met Moerasspirea die de beek flankeert. Rechts het hellingmoeras op het talud van de Benden, ter hoogte van BM.14.

Vegetatie

Op alle meetlocaties in de Paedsbemt (dus BM.08 t/m 18) zijn vegetatieopnamen gemaakt (zie Figuur 4-8 voor de ligging van de locaties). Deze opnames zijn weergegeven in Bijlage 4. Op de locaties BM.09, 11, 12 en 13 is de vegetatie volgens ASSOCIA het best te typeren als de Bosbies-associatie (*Scirpetum sylvatici*, r16Ab4) van het Dotterbloem-verbond. Locaties BM.14, 15 en 16 zijn het best te typeren als de Associatie van Moerasspirea en Echte valeriaan (*Valeriano-Filipenduletum*, r33Aa1). Voor BM.12 en 13 geldt dat ze met een zeer hoog aandeel Moerasspirea ook duidelijk kenmerken hebben van type r33Aa1 (2e type volgens ASSOCIA). De vegetatie op locatie BM.08 en 17 laat zich het best typeren als Rompgemeenschap van Veldrus (RG *Juncus acutiflorus*, r16RG28), op locatie BM.10 gaat het om Rompgemeenschap van Gestreepte witbol en Echte koekoeksbloem (RG *Holcus lanatus-Silene flos-cuculi*, r16RG07) en op locatie BM.18 om Rompgemeenschap Ruige zegge (RG *Carex hirta*, r32RG03).

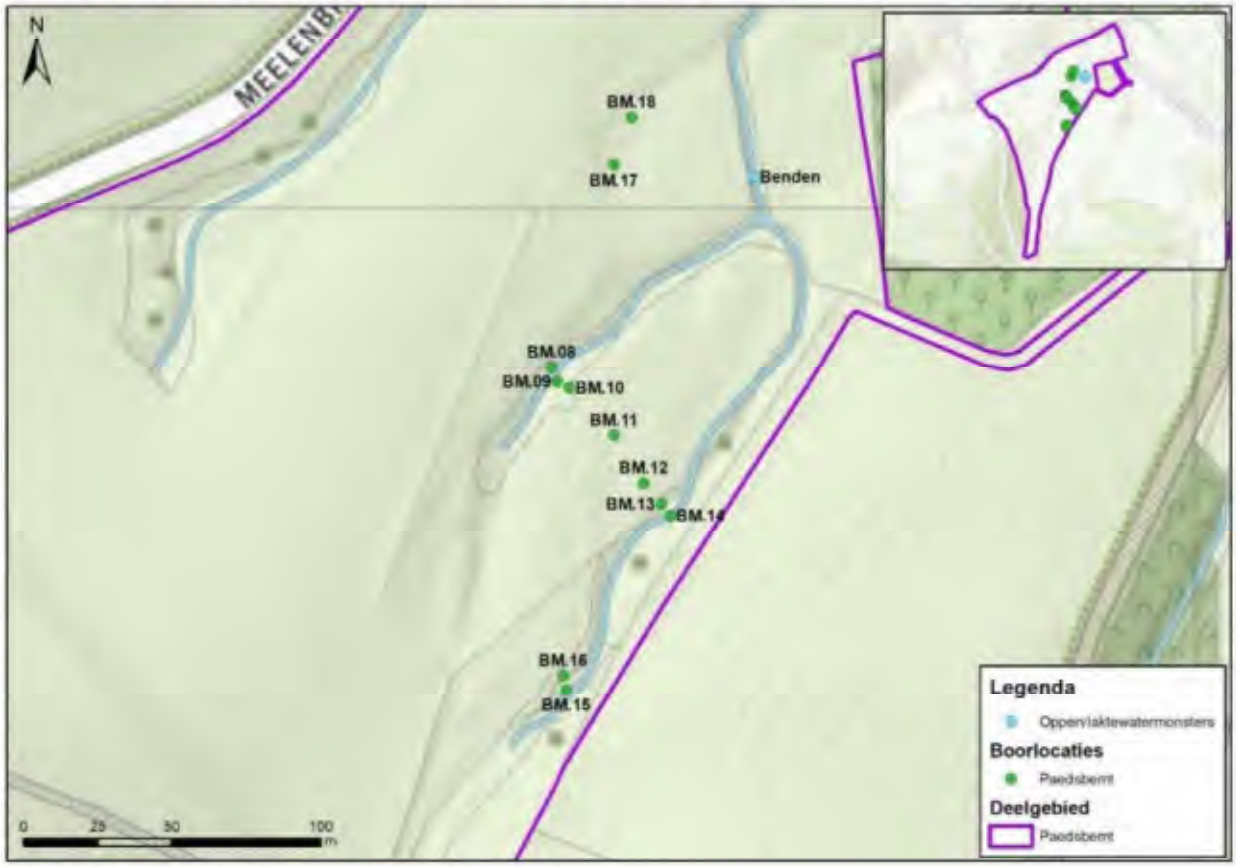
Opgemerkt moet nog worden dat in 8 van de 10 verspreid door dit terrein gemaakte opnamen de voor Nederland zeer zeldzame Trilgraszegge (*Carex brizoïdes*) voorkomt. Deze Centraal - Midden Europese soort is al vanaf begin 20e eeuw van de Paedsbemt bekend. Het is een soort van zwak zure, vochtige – natte, vaak beschaduwde bodems. De laatste 15 jaar lijkt de soort zich in het terrein uit te breiden. Het geëxtensiveerde grondgebruik en het feit dat de soort ieder geval gedurende het groeiseizoen wordt gemeden door het hier grazende rundvee, kan hieraan ten grondslag liggen.

[1] *In de smalle wegberm van Meelenbroekweg bevindt zich nog een permanent watervoerend greppeltje dat haar bronwater langs de weg noordoostwaarts afvoert.*

In het terrein is op verschillende plaatsen de biomassaproductie (luchtdroog, zonder dood materiaal) bepaald. Deze bleek binnen de bloemrijke moerasruigten nogal te variëren, tussen de 500 en 975 gr/m^2. Dit is aan de hoge tot zeer hoge kant.

Bodemopbouw en grondwaterstand

De profielbeschrijvingen van de elf boringen in de Paedsbemt (zie Figuur 4-8) zijn in Bijlage 1 weergegeven. In de meeste boorprofielen komt een venige laag voor die kan variëren van 10 cm venige leem tot 55 cm puur veen aan het oppervlak. Deze dikke laag veen aan het oppervlak is aangetroffen op locatie BM.14, wat een klein hellingmoeras vormt op het zuidoostelijke talud van de Benden (zie ook Figuur 4-7; rechts). De gepeilde grondwaterstand was op deze locatie 10 cm-mv, terwijl dit meer dan een meter boven de beekbedding lag. Hier is sprake van een sterke kweldruk. De profielen waar deze venige laag ontbrak betroffen meestal drogere locaties hoger op de gradiënt ten opzichte van de beken, zoals locatie BM.10 waar de gepeilde grondwaterstand 90 cm-mv was.



Figuur 4-8 Boorlocaties in deelgebied Paedsbemt.

Het perceel tussen de Zijtak Benden en de Meelenbroekbeek is in het verleden geëgaliseerd en is geruime tijd als akker gebruikt. De egalisatie is goed te zien door het ontbreken van micro-reliëf (zie Figuur 4-8). Het is voorstelbaar dat de dalletjes van zowel de Zijtak als de Meelenbroekbeek hier deels zijn dichtgeschoven.

Bodem- en grondwaterkwaliteit

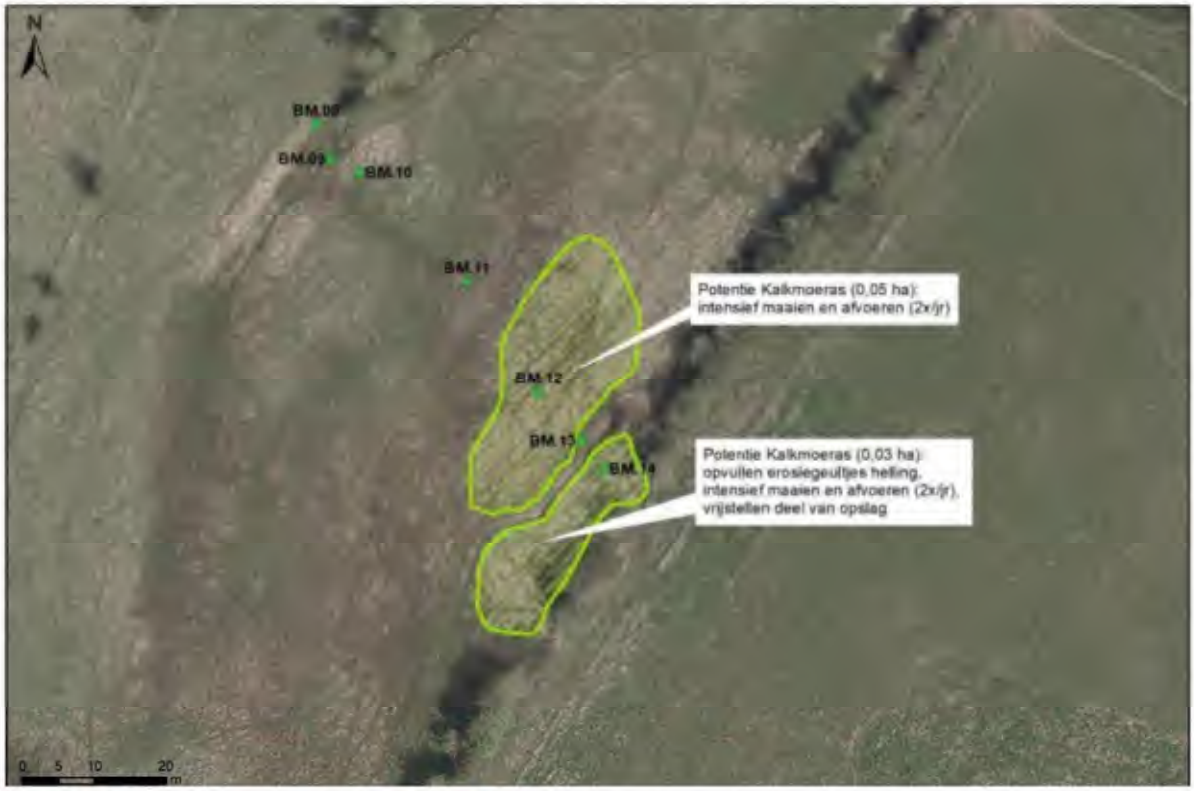
Van de boringen in de Paedsbemt zijn op drie locaties monsters van de bodem genomen, op locatie BM.11, 12 en 14. De resultaten zijn in Bijlage 2 weergegeven. Alle drie de monsters bestaan uit een venige bodem met een organisch stofgehalte van 20-25%. BM.11 is wat voedselrijker dan de andere twee

locaties, met een concentratie Olsen-P van 1045 µmol/l en een gehalte totaal-P van 11 mmol/l. Deze locatie ligt op een wat hogere plek tussen de twee beektakken in die erg nat is. BM.12 en 14 zijn relatief voedselarm met een concentratie Olsen-P van 524 tot 563 µmol/l en een gehalte totaal-P van 9 tot 11 mmol/l. Dit zijn concentraties die geschikt zijn voor de ontwikkeling tot het habitattype Kalkmoeras, waarvoor een kernbereik van Olsen-P <400 µmol/l is gedefinieerd (de Mars et al. 2017), maar waarbij het aanvullende bereik (als vorm van Blauwgrasland) tot 700 µmol/l gaat. De basenrijkdom is vanwege de grote organische fractie lager dan bij de meeste andere monsters (K is 22-30 mmol/l en Mg is 29-46 mmol/l), maar het calciumgehalte is bij BM.12 en 14 alsnog niet laag met 99 tot 112 mmol/l (en 75 mmol/l voor BM.11). Met een richtlijn van >100 mmol/l calcium voor de ontwikkeling van Kalkmoeras voldoen deze bodems daar ook aan.

Van de boringen BM.08 t/m 14 zijn uit de boorgaten ook monsters van het grondwater genomen. Daarnaast is er ook een monster uit de Benden genomen (monster MB Beek), benedenstrooms van de samenkomst met de Zijtak Benden. De resultaten van wateranalyses zijn weergegeven in Bijlage 3. Qua buffering/basenrijkdom komen de monsters erg overeen, met hoge waardes voor calcium (80-135 mg/l) en bicarbonaat (250-400 mg/l) en een pH-waarde van 7,3 tot 7,9. Nitraat en fosfaat komen niet boven de detectielimiet uit, maar op sommige locaties vallen de wat hogere ammonium- en sulfaatconcentraties wel op.

Nadere analyse Paedsbemt

Met uitzondering van de droge hoger gelegen plekken (zoals BM.10 en in mindere mate BM.17) voldoen de overige meetpunten aan de vereisten van het leefgebied Dotterbloemgrasland. Voor kalkmoeras ligt dit anders. Alleen het hellingveen (BM14) en de randzones van het centrale kwelvenster (BM.12) voldoen vrijwel aan de daarvoor gestelde randvoorwaarden. Alleen de P-toestand ligt net boven de gestelde drempelwaarde. Verschraling door aanvullend maaibeheer (2 keer per jaar maaien en afvoeren) zou deze zones geschikt kunnen maken. Voorafgaand zou het hellingmoeras eerst wat moeten worden vrijgesteld van de van hoger af binnendringende bramen. Vervolgens kan het dan in maaibeheer worden genomen.



Figuur 4-9 Voorgestelde maatregelen in deelgebied Paedsbemt.

Er zit nog tenminste een forse erosiegeul in die helling die opgevuld zal moeten worden. Verder moet met de venige bodem voorzichtig omgegaan worden, zodat verschraling door middel van ondiep plaggen hier geen optie is. Zie Figuur 4-9 voor de locaties van de voorgestelde maatregelen. In totaal liggen hier potenties voor de ontwikkeling van maximaal 0,08 ha habitattype Kalkmoeras.

De overige zones zijn of te voedselrijk dan wel te droog, zeker in de nabijheid van de diep ingesleten/uitgegraven bronbeken. Wel zijn in deze omgeving afgezien van de keuze voor kalkmoeras, dotterbloemgrasland dan wel moerasruigte, mogelijkheden om aanvullende nat-droog gradiënten te ontwikkelen (zie hoofdstuk 5). Dergelijke overgangen zijn in functie van leefgebied waardevol voor de biodiversiteit. De hoger gelegen delen waren van nature vrij schraal (zie ook paragraaf 3.2). Het voordeel is dat dit terrein al een jaar of tien in extensief beheer is. De grondwaterkwaliteit, met een wat verhoogde N-belasting, zal naar verwachting mettertijd verder verschralen, zeker nu de intensief gebruikte akker boven het hellingveen, recent ook is geëxtensiveerd.

4.4 Wolfhaag

Het deelgebied Wolfhaag bestaat uit een aantal percelen ten zuidoosten van het plaatsje Wolfhaag. Aan de noordzijde van dit deelgebied loopt de Molenbroekerbeek, die een paar honderd meter bovenstrooms ontspringt. Bovenstrooms van het terrein doorkruist de beek een tuin. Zodra de waterloop het terrein in komt snijdt ze zich zeer diep in. In die diepe geul liggen de uitgespoelde restanten van een buisdrainage-leiding. In het bosje in de zuidwesthoek van het terrein ontspringt de Zijtak Molenbroekerbeek, die zich vervolgens bij de Molenbroekerbeek voegt waarna de beek dit deelgebied verlaat richting het Paedsbemt. Daar waar de beek het terrein verlaat, voegt zich vanuit een pijp nog een overkluisde zijtak bij de beek. Vermoedelijk voert die het drainagewater af uit de tuinen en een eendenpoel aan de voet van de noordoostelijke dalflank.

De geomorfologische structuur van het onderzochte perceel op de zuidwestflank is gevarieerd. Het wordt mede gekenmerkt door enkele, deels vervaagde slenken. Het lijken de resten van oude beeklopen. Tussen beide eerdergenoemde bronbeken ontspringt in zo'n slenk nog een klein bronbeekje met een lengte van amper 25 m die verder niet op kaarten is terug te vinden. Figuur 4-10 geeft een impressie van deze graslanden. Aan de zuidrand ligt achter een soort beboste graft, de Hoeje Driesj, een sinds enkele jaren geëxtensiveerde akker, waar zich verspreid over het perceel inmiddels al de nodige bosopslag heeft ontwikkeld.

Figuur 4-10 Impressie van de graslanden in deelgebied Wolfhaag. Links op de voorgrond de bronkop met Moerasspirea (ter hoogte van BWo.22) en de bebouwing van Wolfhaag op de achtergrond. Rechts de ligging van de Molenbroekerbeek die zich aftekent als de donkere vegetatie.

60269 0058

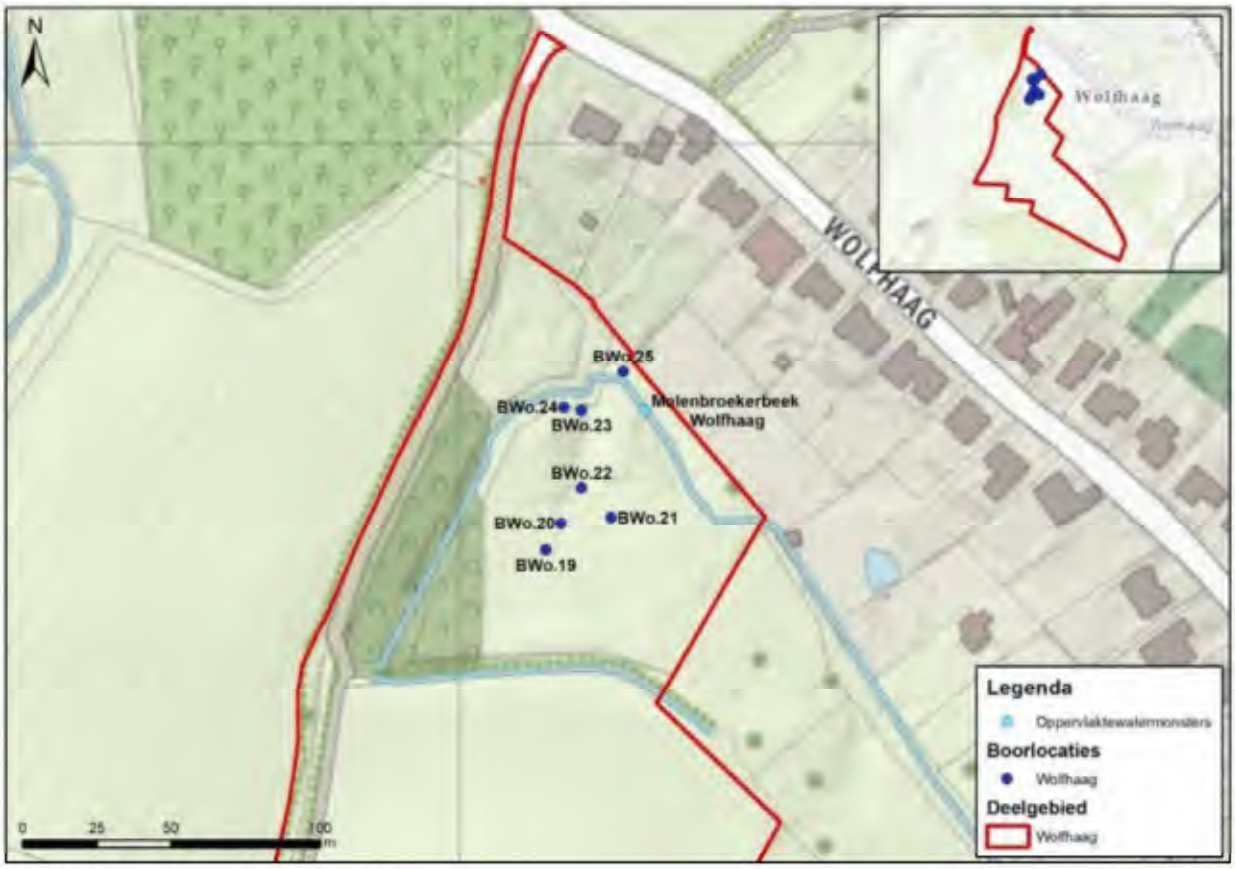
Vegetatie

Op de locaties BWo.19 t/m 24 zijn vegetatieopnamen gemaakt (zie Figuur 4-11 voor de ligging van de locaties). Deze opnamen zijn weergegeven in Bijlage 4. Op de locaties BWo.20, 22 en 23 is de vegetatie volgens ASSOCIA het best te typeren als de Bosbies-associatie (*Scirpetum sylvatici*, r16Ab4) van het Dotterbloem-verbond. Voor BWo.22 geldt dat deze locatie met een zeer hoog aandeel Moerasspirea ook duidelijk kenmerken hebben van type r33Aa1 (2e type volgens ASSOCIA). Op locatie BWo.19 gaat het om Rompgemeenschap van Gestreepte witbol en Echte koekoeksbloem (RG *Holcus lanatus-Silene flos-cuculi*, r16RG07). Op locatie BWo.21 en 24 valt de vegetatie het best te typeren als de Rompgemeenschap van Fioringras (RG *Agrostis stolonifera*, r12RG01).

De biomassaproductie (luchtdroog) op een niet begraasde plaats in de slenk, BWo.22, bleek hier met 950 gr/m^2 opvallend hoog en wijst op eutrofe omstandigheden.

Bodemopbouw en grondwaterstandstand

De betrekkelijk gave, kleinschalige geomorfologische structuur zorgt op deze dalflank voor de nodige extra variatie. De profielbeschrijvingen van de zeven boringen in Wolfhaag (zie Figuur 4-11) zijn te vinden in Bijlage 1. In de boringen in de grootste slenk is op locatie BWo.20, 22 en 23 een venige laag aanwezig die tot wel 90 cm dik kan zijn (BWo.20). In de profielen van BWo.23 en 25, beide in de beekbedding geboord, is vanaf 45 cm diepte ook kalk in het profiel aanwezig (waargenomen met bruistest). Dieper in het profiel, op respectievelijk 80 en 100 cm diepte zijn in het profiel zelfs kleine, verspoelde brokjes aangetroffen.



Figuur 4-11 Boorlocaties in deelgebied Wolfhaag.

Royal HaskoningDHV

In de beekbeddingen stond het water vanzelfsprekend aan maaiveld en ook in de slenk op locatie BWo.22 (vlak bij de bronplek) stond het grondwater niet ver onder maaiveld (20 cm-mv). Bij BWo.20 en 21 zat het grondwater iets dieper (respectievelijk 50 en 42 cm-mv) terwijl in het aangrenzende delen buiten de slenk, bij BWo.19 en 24 wat hoger op de gradiënt, het grondwater aardig diep zat (≥80 cm).

Bodem- en grondwaterkwaliteit

Van de boringen in Wolfhaag is op locatie BWo.22 een bodemmonster genomen. De resultaten zijn in Bijlage 2 weergegeven. De bodem is hier aan het maaiveld licht venig met een organisch stofgehalte van 14%. De voedselrijkdom van deze locatie is aan de lage kant, met een concentratie Olsen-P van 498 µmol/l en een gehalte totaal-P van 11 mmol/l. Ondanks het hoge kalkgehalte in de diepere ondergrond is het calciumgehalte vergeleken met de andere monsters juist aan de lage kant met 82 mmol/l. Vanwege de grotere minerale fractie zijn gehaltes van de basen kalium en magnesium hier wel hoger dan in de venige bodems van de Paedsbemt. Het kalkgehalte is vanuit de optiek van kalkmoeras aan de lage kant. Qua voedselrijkdom komt deze locatie in de buurt van het kernbereik voor habitattype Kalkmoeras. Maar het hoge sulfaatgehalte en lage pH (van het watermonster) wijzen hier op afbraak van organische stof. Wellicht dat de begrazing hier ook een rol bij speelt (bodemverstoring). Zo bleek de biomassaproductie bij BWo.22 toch fors te zijn. Blijkbaar is de heterogeniteit in het profiel groter dan gedacht.

Van de locaties BWo.19, 20, 22 en 23 zijn uit de boorgaten monsters van het grondwater genomen. Voor BWo.23 betrof dit ook daadwerkelijk grondwater wat in (de oever van) de beekbedding uit het boorgat naar boven kwam, waaruit gelijk de drainerende werking van de beek blijkt. Daarnaast is er uit de Molenbroekerbeek een oppervlaktewatermonster genomen iets bovenstrooms van BWo.25. De kwaliteit van de monsters kan flink verschillen, met name op het gebied van basenrijkdom en buffering (zie ook de Stiff-diagrammen in Bijlage 3). De hogerop gelegen locatie BWo.19, waar het grondwater bijgevolg het diepst zit, is het calcium- en bicarbonaat gehalte het laagst (ca. 40 en 115 mg/l). Dat wijst op een bijmenging van ter plaatse geïnfiltreerd (kalkarm) regenwater. Locatie BWo.20, iets lager op de gradiënt met een hogere grondwaterstand, is het gehalte calcium en bicarbonaat al iets hoger (ca. 75 en 240 mg/l). Bij locatie BWo.22 en 23, in de kwelzone van het naamloze zijbeekje, is het gehalte calcium en bicarbonaat het hoogst (ca. 105-110 en 300-390 mg/l). Het grondwater is dus op de hogere delen deels vermengd met recent geïnfiltreerd regenwater, terwijl in de bronzones wel gebufferd, kalkrijk water uittreedt. Nitraat en fosfaat zijn nauwelijks aanwezig in het grondwater, maar met name op locatie BWo.22 zit er wel veel sulfaat en ammonium in het grondwater. Dit komt waarschijnlijk door de interactie door vertrapping en de periodiek indrogende venige laag in dit profiel, hetgeen de afbraak van organische stof stimuleert en mogelijk ook de verhoudingsgewijs forse biomassaproductie ter plaatse verklaard.

Nadere analyse Wolfhaag

De gegevens van deze locaties lijken wat tegenstrijdig. Enerzijds lijkt kalkmoeras hier binnen handbereik afgaand op de fosfaattoestand en de grondwaterstand, maar andere parameters lijken dit tegen te spreken, zoals het lage calciumgehalte op de standplaats en de lage pH van het uitredende grondwater, het hoge sulfaatgehalte en de N-belasting van het afstromende bronwater. Dat wijst ook op beïnvloeding van buitenaf, waarbij dan met name het hogerop aangrenzende perceel, de Hoeje Driesj in beeld is. Dit was tot voor een aantal jaren geleden nog een akker. Wat de ontwikkelingsmogelijkheden voor Kalkmoeras ook beperkt, is de kleinschaligheid van dit terrein. Dat maakt dat het potentiële oppervlak te gering is. Indien dit type zich hier zou kunnen ontwikkelen, zal het vooral bestaan uit allerlei overgangsvormen. Door de zeer beperkte omvang van de locaties zal begrazing vanaf de randen al een grote impact hebben. Door aanvullend maaien en afvoeren kan de aansluitende vochtig-droog gradiënt wel verder worden verschraald waardoor hier interessante vegetatieovergangen kunnen ontstaan. De natste delen in de beekdalletjes moeten hierbij worden ontzien (zie Figuur 4-12).

In het bosje in de zuidwesthoek van het terrein ontspringt onderaan een hoge steilrand, vanuit een drainagesysteem, een bronbeek. Hier lag rond 1975 nog een helocrene bronzone (paragraaf 3.3). Mogelijk biedt het ontgraven en verwijderen van de drainage hier nog mogelijkheden. Het valt niet uit te sluiten dat dit deel en de hogerop liggende, voormalige akker op de Hoeje Driesj, destijds deels zijn opgehoogd. Ook voor dit deelgebied geldt dat de grondwaterkwaliteit hier o.a. qua N-belasting de komende jaren nog zal verbeteren nu het bovenliggende terrein, een paar jaar geleden ook is geëxtensiveerd.

Het is daarom aan te bevelen de aard en omvang van die mogelijk dichtgeschoven bronzone nader in kaart te brengen. Mocht dat het geval zijn dan zou ook de P-belasting van de ondiepe ondergrond van die bronzone in kaart kunnen worden gebracht om de ecologische potenties te kunnen duiden. De greppel die dwars op de hoogtegradiënt ligt kan hier in ieder geval gedempt worden om de drainerende werking te verminderen (zie Figuur 4-12).

Aan de zuidoostkant, kort nadat de beek het terrein in komt vanuit een tuin, waar de beekbedding volledig betegeld is, snijdt ze zich abrupt en diep in. Het is raadzaam deze diepe, drainerende erosiegeul op te vullen. (in de diep uitgesleten bedding ligt nog een volledig uiteengevallen buisdrainage-leiding).

Figuur 4-12 Voorgestelde maatregelen in deelgebied Wolfhaag.

Royal HaskoningDHV

4.5 Galjebendsje

Het deelgebied Galjebendsje ligt ten zuidwesten van Vaals en ten noorden van de Gemmenicherweg. Hier ligt de Galgenberg met op de top het Bokkebosje (255 m+NAP). Zuidelijk van deze prominente berg ligt in het kleinschalige landschap van doorgeschoten hagen en vervallen boomgaarden het oorspronggebied van de Zieversbeek. Haar oorsprong ligt in de Breie bohn, een tegenwoordig een uiterst moerassig, maar modderig bijkans ontoegankelijk terrein. Vlakbij stroomt aan de voet van de zuidflank van de Galgenberg de Bruchbeek vanuit het oosten toe, een andere bronbeek van de Zieversbeek. Daarlangs ligt vlak voordat beide takken bij elkaar komen een smalle bronzone, het Galjebendsje, waar het onderzoek op gericht is. Direct in het verlengde hiervan ligt stroomopwaarts nog een danig door grazers vertrapte voortzetting van de bronzone, waar ook nog de nodige restanten van verwijderde drainagebuizen zijn te vinden. Ook van de Breie bohn is bekend dat daar oude drainagestelsels zijn verwijderd. In de Galjebendsje bestaat de mogelijkheid dat het daar destijds slechts gedeeltelijk is gedaan (mond. med. 5.1.2e, ARK).

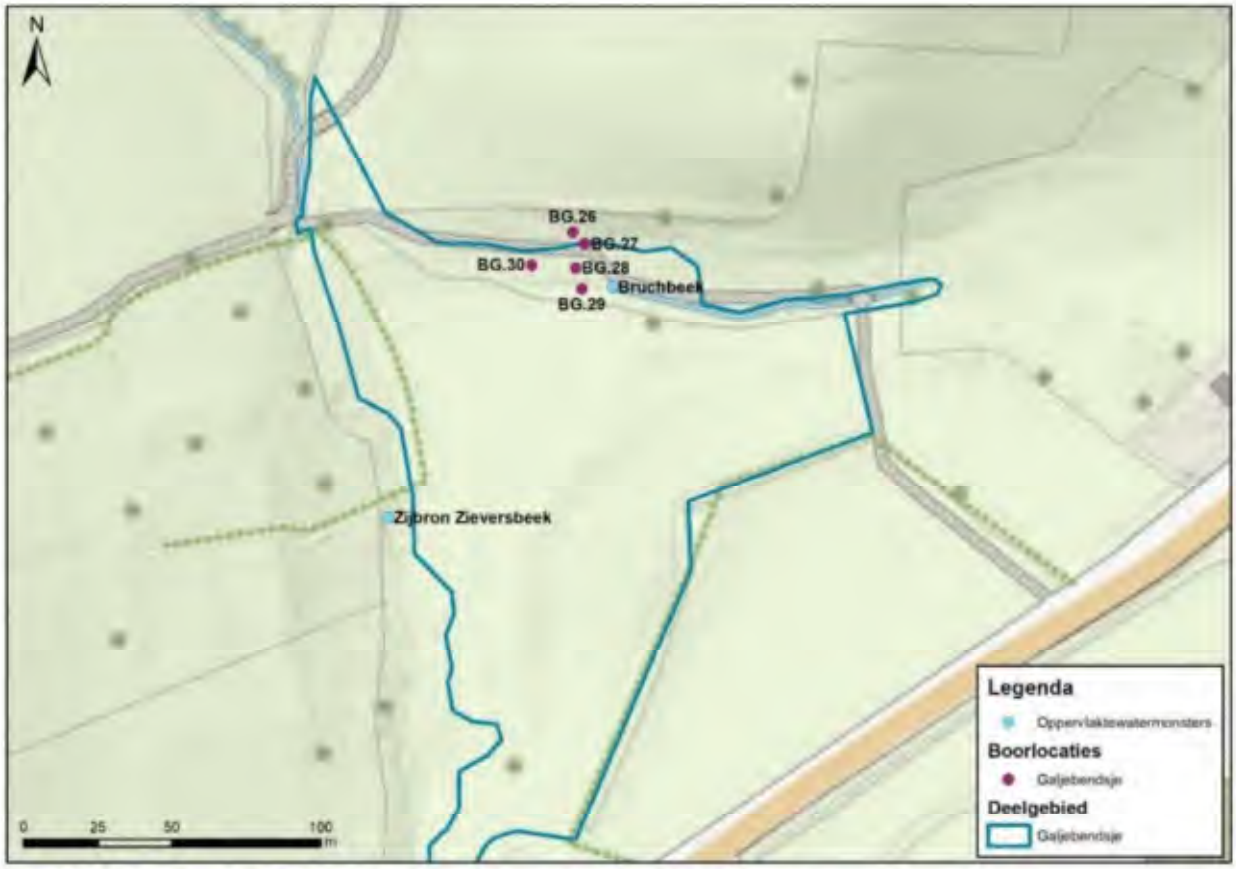
Figuur 4-13 Impressie van deelgebied Galjebendsje. Links de Galgenberg met op de top het Bokkebosje. Rechts de bronzone langs de Bruchbeek aan de zuidelijke voet van de Galgenberg

Het onderzochte perceel valt min of meer in twee delen uiteen. Het oostelijk deel is erg drassig en draagt een productieve moerasruigte. Westelijker wordt het wat droger en graziger. Dit perceel en de omliggend percelen in deze omgeving worden al ruim een decennium extensief begraasd. Het aangrenzende, bovenstrooms gelegen dalletje en de Galgenberg wordt nog wel landbouwkundig gebruikt, zei het met een wat minder intensieve vorm dan voorheen het geval was. Daarentegen wordt het grootschalige graslandcomplex direct stroomafwaarts, onderdeel van de manege, nog steeds zeer intensief wordt gebruikt.

Vegetatie

Van de meetpunten BG.27 t/m 30 zijn vegetatieopnames gemaakt (zie Figuur 4-14 voor de ligging van de locaties). Deze opnames zijn in Bijlage 4 weergegeven. Locatie BG.27 is het best te typeren als de Associatie van Moerasspirea en Echte valeriaan (*Valeriano-Filipenduletum*, r33Aa1). De vegetatie op locatie BG.29 is het best te typeren als de Rompgemeenschap van Pitrus (RG *Juncus effusus*, r16RG08) en BG.30 valt het beste te typeren als de Rompgemeenschap van Tweerijige zegge (RG *Carex Disticha*, r16RG02). Voor BG.29 en 30 geldt echter dat ze ook kenmerken hebben van type r33Aa1 (2e type volgens ASSOCIA). Locatie BG.28 valt het best te typeren als de Rompgemeenschap van Holpijp (RG *Equisetum fluviatile*, r08RG04). Noemenswaardig is nog dat wat hogerop, op de voet van de Galgenberg, ter hoogte van het bronmoeras vrij veel Muizenoor voorkomt (BG.26).

De biomassaproductie (luchtdroog) bleek op het extensief begraasde westelijke, vrij droge deel van het terrein met 650 gr/m^2, vrij laag te zijn. Hoewel niet bemonsterd, vertonen vooral de meer oostelijke, nattere stukken een zichtbaar hogere productie. De nu bepaalde biomassaproduktie moet voor dit terreintje dus worden beschouwd als ondergrens.



Figuur 4-14 Boorlocaties in deelgebied Galjebendsje aan de zuidvoet van de Galgenberg.

Bodemopbouw en grondwaterstand

De profielbeschrijvingen van de zes boringen in Galjebendsje (zie Figuur 4-14) zijn weergegeven in Bijlage 1. Op locaties BG.27, 28 en 30 is een venige laag in de bodem aanwezig, die tot wel 75 cm dik kan zijn (in het geval van BG.28). Deze drie locaties bevinden zich in de moerassige laagte van de Bruchbeek. Op locatie BG.27 en 28 zit het grondwater ook ondiep, met respectievelijk 30 en 3 cm-mv. op locatie BG.30 zit het grondwater echter dieper, op 65 cm-mv. BG.26 bevindt zich wat hoger op de flank en hier zit het grondwater dieper dan de diepte van de boring. Locatie BG.29 ligt pal ten zuiden van de Bruchbeek en valt blijkbaar buiten het moerassige venige deel, hoewel de grondwaterstand hier op 5 cm-mv stond.

Bodem- en grondwaterkwaliteit

Van het Galjebendsje is van locaties BG.28 en 30 een mengmonster genomen. De bemonsterde wortelzone bestaat hier uit venige leem met een organisch stofgehalte van 18%. De voedselrijkdom is op deze locatie matig hoog, met een concentratie Olsen-P van 869 µmol/l en een gehalte totaal-P van 17,5 mmol/l. De voedselrijdom is daarmee te hoog voor de ontwikkeling tot habitattype Kalkmoeras. De overige concentraties basen zijn daarnaast ook niet laag, met 92 mmol/l calcium, 51 mmol/l kalium en 85 mmol/l magnesium.

Van locatie BG.30 is uit het boorgat een monster van het grondwater genomen. Daarnaast is het oppervlaktewater van de Bruchbeek bemonsterd en is het uittredende bronwater bemonsterd in een bronzone van de Zieversbeek vlak buiten het onderzoeksgebied. Het grondwater bij BG.30 is matig rijk aan calcium (63 mg/l) en bicarbonaat (215 mg/l). Nitraat en fosfaat komen niet boven de detectielimiet uit en ook sulfaat en ammonium zijn aan de lage kant. De monsters van de beek en de bron laten een vergelijkbare kwaliteit zien, maar zijn op alle vlakken iets rijker. De nitraatconcentratie van het oppervlaktewater ligt rond de 7-8 mg/l en de sulfaatconcentratie ligt rond de 30 mg/l, wat erg laag is voor Zuid-Limburgse bronbeken. Op veel locaties in Zuid-Limburg komen de nitraat- en sulfaatconcentratie in dergelijke beken boven de 50 mg/l uit (de Mars & van der Weijden 2019; van der Weijden et al. 2021). Vermoedelijk profiteert dit brongebied van het feit dat het intrekgebied al geruime tijd niet meer in intensief agrarisch gebruik is. Bovendien door haar ligging hoog in de dalen, vlak bij de waterscheiding, zijn de verblijftijden van het grondwater laag, waardoor de vervuiling snel uitspoelt.

Nadere analyse Galjebendsje

Met uitzondering van het meetpunt wat hogerop de voet van de helling (BG26) voldoen alle meetpunten nagenoeg aan de vereisten van het leefgebied Dotterbloemgrasland. Tijdelijk aanvullend maaibeheer kan hier de voormalige landbouwinvloed versneld doen afnemen. Voor wat betreft kalkmoeras is de voedselrijkdom te hoog en het kalkgehalte ter plaatse eigenlijk wat aan de lage kant. Daarbij zijn de hydrologische condities zodanig dat slechts in een beperkt deel van het perceel aan de grondwaterstands-vereisten wordt voldaan. In het andere deel zakken ze te diep uit. Dat betekent dat, theoretisch gezien, op slechts een beperkt oppervlak van sub-optimale condities kan worden gesproken. Het zal ertoe leiden dat zich onder die omstandigheden hooguit overgangsvormen zouden ontwikkelen.

Figuur 4-15 Voorgestelde maatregelen in deelgebied Galjebendsje.

Om tot een betere uitgangssituatie te komen zou bijvoorbeeld maaiveldverlaging moeten plaatsvinden. Dit zal echter op de nu al natte locaties leiden tot permanente inundaties. Toch bieden grondwaterkwaliteits-parameters wel perspectief voor meer, bijvoorbeeld in de vorm van schralere hooilandvormen middels periodiek aanvullend maaibeheer. Hiermee kunnen Dotterbloemgraslanden worden ontwikkeld.

Om uitspoeling te verminderen zou het goed zijn om het direct bovenstrooms aangrenzend dalletje met het vertrapte bronmoeras een bemestingsvrije, minder intensief begraasde zone in te stellen. Deze extensivering kan mogelijk ook worden bereikt door in overleg met de grondeigenaar het raster te verwijderen en dit grasland bij de beheereenheid te betrekken. De vele rasters die hier op een kleine afstand aanwezig zijn zorgen voor een verrommeling van het landschap (Figuur 4-15). De grootschalige intensief bemest grasvlakte direct stroomafwaarts kan worden opgevat als een ecologische hindernis. Om een groot aaneengesloten natuurgebied te creëren moet overwogen worden deze gronden aan te kopen.

4.6 Winnebroek

Het deelgebied Winnebroek ligt ten noordoosten van de Vaalsbroekermolen en ten zuiden van de weg Vaalsbroek richting Holset. Hier ontspringt de Winnebroekerbeek met meerdere zijtakken in een dal tussen de boerderij Winnebroek (voorheen Wannebroek) en een landwinkel met boomgaard. Figuur 4-16 geeft een impressie van dit deelgebied. In dit deelgebied is een bronmoeras aanwezig waar de Winnebroekerbeek en zijtakken uit ontspringen. Het onderzoek richt zich op dit bronmoeras (zie Figuur 4-17). De randzones daarvan worden minimaal eenmaal, mogelijk tweemaal per jaar gemaaid. Het centrale deel blijft in ieder geval bij de eerste ronde overstaan. In hoeverre hier (ook) nabeweiding plaats vindt, is niet duidelijk. Het noordelijk deel van het terrein wordt zowel gemaaid als begraasd en functioneert daarnaast als waterbuffer. Dit gedeelte wordt aan beide zijden nog geflankeerd door intensief gebruikte percelen. Een deel van dit gebied is eigendom van het Waterschap.

Figuur 4-16 Impressie van deelgebied Winnebroek. Links het beekdal gezien vanaf de weg Vaalsbroek met de boerderij Winnebroek op de achtergrond. Rechts de uitgebreide vegetatie van Moerasspirea in het bronmoeras.

Vegetatie

Op de locaties BWb.31 t/m 34 is een vegetatieopname gemaakt (zie Figuur 4-17 voor de ligging van de locaties). Deze vegetatieopnames zijn weergegeven in Bijlage 4. Op de locatie BWb. 31 is de vegetatie volgens ASSOCIA het best te typeren als de Bosbies-associatie (*Scirpetum sylvatici*, r16Ab4) van het Dotterbloem-verbond. De vegetatie op locatie BWb.32 laat zich het best typeren als Rompgemeenschap van Veldrus (RG *Juncus acutiflorus*, r16RG28). Voor BWb.31 en 32 geldt echter dat ze met een (hoog)

aandeel Moerasspirea ook duidelijk kenmerken hebben van type r33Aa1 (2e type volgens ASSOCIA). De vegetatie op locatie BWb.34 is het best te typeren als de Rompgemeenschap van Pitrus (RG *Juncus effusus*, r16RG08) en op locatie BWb.33 valt de vegetatie het best te typeren als de Rompgemeenschap van Fioringras (RG *Agrostis stolonifera*, r12RG01).

De biomassaproductie (luchtdroog) van de niet gemaaide, op dat moment ook niet door rundvee begraasde bloemrijke moerasruigte bleek te variëren tussen de 650 en 770 gr/m^2, wat duidt op relatief productieve standplaatsen.

Bodemopbouw en grondwaterstanden

In Winnebroek is in het bronmoeras op drie locaties een boorbeschrijving gemaakt. Deze boorbeschrijvingen zijn weergegeven in Bijlage 1. Op locatie BWb.31 en 32 bestaat de eerste 25 cm uit een lemige veenlaag en staat de grondwaterstand dicht onder maaiveld (respectievelijk 5 en 15 cm-mv). Dit is de kern van het bronmoeras. Locatie BWb.33 bevindt zich buiten het bronmoeras, wat hoger op in de gradiënt met een grondwaterstand van 40 cm-mv. Veen ontbreekt hier binnen 1,25m, al is aan de basis wel sprake van meer organisch stof in het profiel.

Figuur 4-17 Boorlocaties in deelgebied Winnebroek. Op locatie BWb.34 is geen boring gedaan, maar is alleen een vegetatieopname gemaakt.

Bodem- en grondwaterkwaliteit

Van locatie BWb.31 en 32 in de kern van het bronmoeras is een mengmonster genomen voor analyse. De wortelzone bestaat hier uit venig materiaal met een organisch stofgehalte van 17%. De voedselrijkdom is op deze locatie relatief laag, met een concentratie Olsen-P van 584 µmol/l en een gehalte totaal-P van 11 mmol/l. Dit zijn concentraties die geschikt zijn voor habitattype Kalkmoeras, waarvoor een kernbereik van

Olsen-P <400 µmol/l is gedefinieerd (de Mars et al. 2017), maar waarbij het aanvullende bereik (als vorm van Blauwgrasland) tot 700 µmol/l gaat. De concentratie calcium is met 70 mmol/l laag te noemen (laagste van alle onderzochte monsters), maar de overige concentraties basen zijn in verhouding met de ander monsters niet zo laag met 37 mmol/l kalium en 63 mmol/l magnesium.

Uit het boorgat van locatie BWb.31 is een grondwatermonster genomen en van de Winnebroekerbeek is na samenkomst van de zijtakken een oppervlaktewatermonster genomen. De basenrijkdom en buffering van het grondwater is op deze locatie aan de lage kant vergeleken met de andere bronzones. Het calciumgehalte is laag te noemen met 67 mg/l. De concentratie bicarbonaat ligt op 190 mg/l. De concentratie magnesium is hier met 4,3 mg/l dan wel wat hoger dan alle andere geanalyseerde monsters. Het zou op de invloed van landbouwbekalking kunnen wijzen. De N-belasting van het grondwater is opvallend. Hier komt dat voor rekening van nitraat (26 mg/l) waar dit bij alle andere grondwatermonsters nagenoeg afwezig is, maar daar als NH_4, is terug te vinden. De kwaliteit van het oppervlaktewatermonster uit de Winnebroekerbeek komt sterk overeen met een relatief lage concentratie calcium (55 mg/l) en bicarbonaat (145 mg/l) maar ook daar met een wat hogere concentratie nitraat (25 mg/l). Vermoedelijk speelt het intensieve grondgebruik rondom hier (nog) een rol bij.

Nadere analyse Winnebroek

De standplaatscondities voldoen volgens de verzamelde metingen sowieso aan de vereisten voor het leefgebied Dotterbloemgrasland. Hoewel de fosfaatcondities ook relatief gunstig lijken voor Kalkmoeras, ligt dat gezien de andere parameters toch niet echt voor de hand. De moerasruigte blijkt relatief productief, maar vooral het Ca-gehalte van de bodem is hier te laag (laagste van alle onderzochte percelen). Dat vertaalt zich ook in de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit in (te) lage Ca en HCO_3 concentraties.

Figuur 4-18 Voorgestelde maatregelen in deelgebied Winnebroek.

60269 0058

Royal HaskoningDHV

De N-belasting (NO3 en NH4) is naar Zuid-Limburgse maatstaven weliswaar laag te noemen, ze zijn zeker voor venige systemen te hoog (eis: <5 mg/l). De aanwezigheid van nitraat wijst hier bovendien op aerobe omstandigheden. Hierbij valt dan te denken aan een relatief grote invloed van regenwater, waarbij drainage dan mogelijk niet kan worden uitgesloten. Feit is, dat deze fraaie bronzone sterk wordt gedraineerd door een diepe, leeggelopen drinkpoel en de beide, tot zeker 1m diep ingesneden watergangen ter weerszijden. Een dergelijke ontwatering is in het licht van het huidige grondgebruik volstrekt onnodig voor dit fraaie perceel, en zorgt voor verdroging ter weerszijden van deze diepe ontwateringsgreppels. Deze watergangen dienen sterk verondiept, d.w.z. tot dicht onder maaiveld, te worden (Figuur 4-18).

Het gedeelte direct stroomafwaarts is weliswaar niet nader onderzocht maar de aanwezige vegetatie biedt hier weinig perspectief. Het sterke mozaïek-karakter van de vegetatie doet vermoeden dat perceel recent nog stevig is vergraven/verstoord.

Royal HaskoningDHV

5 Advies en maatregelen

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat rond Wolfhaag de mogelijkheden voor de ontwikkeling van Kalkmoeras beperkt zijn. Potentieel gunstige locaties beperken zich tot de randzones van een kwelvenster en het hellingmoeras op de zuidflank van de Paedsbemt (o.a. BM.12, BM.14). Voor wat betreft de locaties daar betekent dat de kwelhelling voorzichtig zal moeten worden vrijgesteld en vervolgens in maaibeheer kan worden genomen. Er aanwezige forse erosiegeul in die helling zal moeten worden opgevuld (Figuur 4-9).

Deze beperkte uitkomst voor wat betreft Kalkmoeras heeft deels te maken met de abiotische condities, zowel qua waterregime (te diep), bodem- (te hoge P-belasting dan wel te lage Ca-concentraties) en/of grondwaterkwaliteit (te lage Ca en HCO3-concentraties). Daarnaast heeft het te maken met het te beperkte schaalniveau waarop het soms zou kunnen worden ontwikkeld. Het gaat steeds om venige / moerige bodems. Sommige daarvan, zoals op de locatie Wolfhaag, hebben de kansrijke plekken een zodanig geringe omvang dat bij realisatie ter plaatse in geval van een maaibeheer al snel meng- of overgangsvormen zullen ontstaan met de omliggende typen, maar geen kwalificerend Kalkmoeras. Als die op dit schaalniveau zouden worden meebegraasd, leert de ervaring dat dit op een dergelijk bodemtype en klein oppervlak zodanig veel verstoring met zich meebrengt, dat duurzame instandhouding beperkt, zo niet onmogelijk is.

Inzetten op leefgebied Dotterbloemgrasland en/of Ruigten en zomen met Moerasspirea biedt in dit verband veel meer perspectief. In de basis zijn beide typen al aanwezig en wordt op de standplaatsen aan de gestelde randvoorwaarden voldaan. Ze verdienen echter op onderdelen wel de nodige optimalisatie/versterking. Het onderzoeksgebied verkeert hierbij in een relatief gunstige situatie omdat het landbouwkundig gebruik nagenoeg is verdwenen. Verschillende delen worden zelfs al ruim 10 jaar extensief gebruikt. Verwacht mag worden dat het afstromende grond- en oppervlaktewater in kwalitatieve zin geleidelijk steeds verder op orde raken. Er zijn indicaties dat de waterkwaliteit sinds 1980-1990 al is verbeterd.

Optimalisatie moet zal zich moeten richten op twee schaalniveaus:

- Realisatie sub-regionale samenhang
- Herstel waterhuishouding en Lokale gradiëntontwikkeling

De lokale maatregelen op perceelschaal kunnen daarbij direct uitgevoerd worden om de bepaalde potenties te realiseren. De realisatie van de sub-regionale (landschappelijke) samenhang moet daarbij meer als een eindbeeld worden beschouwd, waar soms nog wat meer tijd overheen zal gaan.

Sub-regionale schaal

In tegenstelling tot Laag-Nederland namen natte *habitats* in het Heuvellandlandschap altijd al relatief kleine oppervlakten in. De meeste, meer specifieke soorten waren in Zuid-Limburg daarom vanouds aangewezen op meer dan een enkel perceel of meerdere habitats (bijv. Grauwe klauwier, vlinders). Het optimaliseren van een enkel perceel heeft in dat verband dan weinig zin. Daar blijft een populatie dan zeer kwetsbaar voor uitsterven, bijvoorbeeld door eutrofiering, wanbeheer etc. Een goed leefgebied bestaat in Zuid-Limburg gewoonlijk uit een robuust samenhangend netwerk van geschikte percelen inclusief en een dooradering van het landschap met geschikte structuren die verplaatsing en uitwisseling met andere deellocaties garanderen. Aan dat laatste wordt in de omgeving van Wolfhaag al gewerkt, getuige de aanplant van graften, hagen en bosjes. Het gaat dan vooral om het herstel van een samenhangende 'zwerm' van bronmoerassen dat op sub-regionale schaal weer als leefgebied kan gaan dienen voor de Grauwe klauwier maar ook de basis vormt voor een meta-populatie van de beide specifieke vlindersoorten, de Purperstreepparelmoervlinder en de Rode vuurvlinder. Hierbij zouden dan ook de

60269 0058

overige, in deze omgeving nog aanwezige moerassige terreintjes moeten worden betrokken, zoals bijvoorbeeld die bij de Frankenhofmolen (SLL) en Aan de Esch.
De eerdergenoemde vlinders zijn gebaat bij een gevarieerd leefgebied, waaronder Moerasspirea-ruigten, Dotterbloemgrasland maar ook schraalland (zie paragraaf 2.4). De beide soorten melden zich sinds begin 21e eeuw weer in de regio maar op dit moment voldoet het gebied niet of onvoldoende als leefgebied. Zo ontbreekt, in alle terreinen, met name de schrale component[2]. Verdroging en vermesting spelen daar ook een rol bij. Met dit in gedachten moet dus dat niet alleen naar het Leefgebied Dotterbloemgrasland worden gekeken maar moet ook de directe omgeving (gradiënten) worden hersteld/ontwikkeld. Mede gezien de ontwikkelingen bij Cottessen kunnen bij voortgezette verschraling ook rondom Wolfhaag op termijn meer heischrale condities worden verwacht, zoals eerder geschetst. Hier hoort wel een belangrijke kanttekening bij namelijk dat veel daarin thuishorende soorten, in tegenstelling tot Cottessen in deze omgeving wel zijn verdwenen. Herintroductie vanuit de naaste omgeving zou hier kunnen worden overwogen.

Perceelschaal
Op lokaal (perceel)niveau gaat het dus om versterking van het leefgebied ter plaatse. Dat kan door herstel en lokale uitbreiding maar dan wel in combinatie met gradiëntontwikkeling.

De huidige waterhuishouding van de verschillende terreinen is vaak nog afgestemd op het vroegere intensievere grondgebruik. Verschillende watergangen liggen mede daardoor te diep ingesneden (Vaalsbroek, Wolfhaag, Winnebroek, delen Paedsbemt). Daardoor worden tot op de dag van vandaag de aangrenzende bronmoerassen onnodig snel ontwaterd. Niet alleen vanuit schaalvergroting en duurzamere habitat en leefgebied-ontwikkeling is dat ongewenst, maar ook vanuit het perspectief van Klimaatverandering, waar juist het langer vasthouden van water en daarmee de watervoerendheid, het devies is. De maatregelen moeten zich daarom toespitsen op het verondiepen of het verwijderen van (periodiek) drainerende waterlopen direct grenzend aan de percelen. Op langere termijn kan ook op grotere schaal naar het hele stroomgebied worden gekeken, maar dit is niet de eerste prioriteit.

Tegelijkertijd versterken deze hydrologische maatregelen, naast een bescheiden uitbreiding, ook de mogelijkheden om juist de gradiënten op lokale schaal verder te ontwikkelen aan de 'droge' zijde van de gradiënt. Op verschillende plaatsen kan dan gestreefd worden naar de ontwikkeling van vochtige tot droge, meer heischrale condities (bijv. Paedsbemt, Wolfhaag). Aanvullend maaibeheer van de nattere delen biedt dan perspectief op aan Dotterbloemgrasland verwante vegetaties met onder meer veel Veldrus. Terwijl met het laten overstaan van de begroeiingen zich Moerasspirea-ruigten kunnen ontwikkelen; het eiafzet- en overwinteringsgebied voor de Purperstreepparelmoervlinder. Tegelijkertijd bieden juist de aanliggende soortenrijke matig-voedselrijke tot schrale overgangen voor de fauna ook allerlei mogelijkheden, waaronder bijvoorbeeld voor de Rode vuurvlinder. Geadviseerd wordt om met name deze wat drogere overgangszones qua P-belasting nog eens extra onder de loep te nemen. Dit om te bekijken of via ondiep plaggen de ontwikkeling versneld zou kunnen worden, met name op de locaties Wolfhaag en de Paedsbemt. De versnipperde eigendomssituatie kan hierbij wel een knelpunt zijn omdat juist deze transversale gradiëntzones (d.w.z. haaks op de waterlopen) letterlijk door eigendomsgrenzen en dito rasters versnipperd zijn geraakt (zie bijv. Galjebendsje).

Een concrete, wat potentieel grotere ingreep betreft het herstel van een mogelijk dicht geschoven helocrene bronzone in de zuidwesthoek van de locatie Wolfhaag (zie ook Figuur 3-1) met mogelijk nog een gedraineerde uitloper in de aangrenzende Hoeje Driesj. Het verdient aanbeveling de aard en omvang van deze mogelijk dichtgeschoven bronzone nader in kaart te brengen, door middel van booronderzoek en een verkennend bodemchemisch onderzoek om de milieuhygiënische aard vast te stellen van het

[2] *Parallel aan dit onderzoek loopt een onderzoek naar de potenties voor deze drogere heischrale omstandigheden.*

60269 0058

Royal HaskoningDHV

eventueel af te voeren materiaal. Mocht dit kansrijk blijken te zijn, dan zou vervolgens de P-belasting van de ondiepe ondergrond van deze bronzone in kaart kunnen worden gebracht om de ecologische potenties te kunnen duiden.

Op enkele plaatsen lijkt op basis van de voedselrijkdom het afgraven van de voedselrijke bovenlaag voor de hand te liggen. Dit is echter in de bronmoerassen niet aan te raden omdat er lokaal sprake is van een kwetsbare veenbodem. Op verschillende plaatsen met een hoge grondwaterstand zal afgraving bovendien leiden tot permanente inundatie en wordt dit om die reden afgeraden. Als een dergelijke afgraving vrij afwatert, kan dat een geduchte ontwatering en verdroging tot gevolg hebben, ook in de naaste omgeving (zie bijv. Vaalsbroek). Dergelijke ontgravingen op meer hellend terrein kunnen bovendien aanleiding zijn voor verdere erosie. Tot slot wordt er nog op gewezen dat in verschillende percelen sprake is van geomorfologische waarden (bijv. Wolfhaag). De potenties moeten dan wel erg groot zijn om dat aan te tasten.

Aandachtspunten vervolgbeheer
Voor het Kalkmoeras zal ervoor moeten worden gezorgd dat de geschikte moerige-venige locaties binnen het terrein zo min mogelijk worden begraasd en bij voorkeur worden gemaaid. De draagkracht van dergelijke bodems is beperkt. Zeker in de zomermaanden, bij warm weer oefenen deze natte (koelere) plekken een grote aantrekkingskracht uit op het vee. De recente ervaring is dat vooral op weke, natte bodems, zoals die ook in de Paedsbemt aanwezig zijn, het maaiveld bij begrazing al snel verandert in een modderige vlakte. Het in de zomerperiode tijdelijk, preventief uitrasteren valt in dit verband te overwegen.

Voor de kritische, specifieke vlinders zal de komende jaren moeten worden gezorgd dat het ei-afzet en overwinteringshabitat in tenminste een deel van de gebieden steeds ongestoord blijft. Dat betekent dat het begrazingsbeheer dan zowel op lokale - als op sub-regionale schaal op elkaar afgestemd zou moeten worden, zodanig dat steeds op elk terrein een deel onaangeroerd blijft.

Zodra een soort zich daadwerkelijk vestigt, zal een dergelijke plek zeker de eerste jaren extra aandacht en afstemming vragen om verdere kolonisatie elders te ondersteunen. Voor de vestiging van de Purperstreepparelmoervlinder zou bijvoorbeeld dan een deel van de Moerasspirea-ruigten vanaf het begin van de zomer onaangeroerd moeten blijven. Een zware (over)begrazing zoals in de Paedsbemt eind juli-begin augustus plaatsvond, zou bijvoorbeeld voor een prille populatie-vorming funest zijn geweest.

Samenvattend: er moet in ieder geval op de gronden van Staatsbosbeheer dan maatwerk worden geboden in ruimte en tijd. Niet zozeer per perceel maar vooral op elkaar afgestemd binnen de "zwerm" van de percelen. Bijvoorbeeld delen of percelen over de jaren heen, een of enkele jaren niet begrazen en juist alleen maai/hooiland beheer toepassen of delen laten overstaan, delen wel jaarrond begrazen dan wel delen maaien/hooien en nabeweiden. Het vraagt meer maatwerk en intensiever beheer, wat gelegitimeerd wordt door het ook laten functioneren als het leefgebied op landschapschaal zodat ook soorten en metapopulaties die binnen de aanwezige landschapsgradient pendelen, daar ook van profiteren. In de monitoring is het dan ook nodig om naast flora ook de (pendelende) fauna mee te nemen. In dat perspectief moet de monitoring zich ook niet te beperken tot het niveau van bepaalde percelen.

Royal HaskoningDHV

Referenties

AHN4. 2022. Actueel Hoogtebestand Nederland 4. Online beschikbaar: https://www.ahn.nl/.

Bink, F.A., 1992. Ecologische atlas van de dagvlinders van Noordwest-Europa. Haarlem: Schuyt & Co.

Bouwman, J.H., M.E. Nijssen, H.M. Beije, D. Groenendijk & N.A.C. Smits, 2016. Herstelstrategie Dotterbloemgrasland van beekdalen (leefgebied 6). Update 2016.

De Vlinderstichting, 2022. https://www.vlinderstichting.nl/.

DINOloket, 2022. Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond. Online beschikbaar: https://www.dinoloket.nl/.

Cozzi, G., C.B. Müller & J. Krauss, 2008. How do local habitat management and landscape structure at different spatial scales affect fritillary butterfly distribution on fragmented wetlands? *Landscape Ecology* 23(3): 269-283.

Cuppen, H.P.J.J. & H.E.M. Moller-Pilot, 1978. *Werkrapport Mergelland; Bijlage II, Voorlopige inventarisatie van de bronnen en bronbeken in het toekomstige N.L.P. Mergelland*. RIN Rapport, Leersum.

Franco, A.M.A., J.K. Hill, C. Kitschke, Y.C. Collingham, D.B. Roy, R. Fox, B. Huntley & C.D. Thomas, 2006. Impacts of climate warming and habitat loss on extinctions at species' low-latitude range boundaries. *Global Change Biology* 12: 1545-1553.

Mars, H. de, C. R. van Gool & C. van Tijen, 1998. *Ecohydrologische Atlas Limburg 1989-1996*. Prov. Limburg/ IWACO/Univ. Utrecht. Maastricht/Den Bosch/Utrecht.

Mars, H. de, J. Schunselaar & J. Schaminée, 2012. *Ecohydrologie van de Zuid-Limburgse hellingmoerassen, inventarisatieatlas van vegetatie bodem en grondwaterkwaliteit*. OBN159-HEBE. Dir. Kennis & Innovatie, Min v. EZLI., De Haag.

Mars, H. de, B. Possen, B. van Delft, E. Weeda, J. Schaminée, & M. Wallis de Vries, 2017. *Herstel van de Zuid-Limburgse hellingmoerassen, het Kalkmoeras in het bijzonder*. VBNE, Driebergen.

Mars, H. de, & B. van der Weijden, 2019. *Alluviale bossen in beekdalen; debietmetingen en waterkwaliteit*. Royal HaskoningDHV, Maastricht.

Provincie Limburg, 2011. *Verslaglegging OGOR-meetnet, 48 gebieden TOP-lijst Verdrogingsbestrijding Limburg*.

Sawchik, J., M. Dufrêne & P. Lebrun, 2005. Distribution patterns and indicator species of butterfly assemblages of wet meadows in southern Belgium. *Belgian Journal of Zoology 135(1): 43-52.*

Turlure, C., N. Schtickzelle, N. & M. Baguette, 2010. Resource grain scales mobility and adult morphology in butterflies. *Landscape Ecology* 25(1): 95-108.

Veling, K. & Wynhoff I., 2020. Kansen voor de purperstreepparelmoervlinder in Zuid-Limburg. Rapport VS2020.051, De Vlinderstichting, Wageningen.

Verschoor, G. & J.H. Willems, 2012. Uit ons Krijtland - 100 jaar; Deel 2 - Terugblik en verandering. *Natuurhistorisch Maandblad* 101(3):37-42.

Vogelbescherming Nederland, 2022. https://www.vogelbescherming.nl/.

Wageningen Environmental Research, 2019. Geomorfologische kaart van Nederland 1:50.000.

Wageningen Environmental Research, 2022. Bodemdata.nl. *Bodemdata.nl*. Online beschikbaar: https://bodemdata.nl/.

Weeda, E., H. de Mars & J. Schaminée, 2015. Toekomst voor natte beemden in het heuvelland. *Natuurhist. Maandblad* 104(12): 268-273 / *De Levende Natuur* 116(6): 296-301.

Weijden, B. van der, E. Steinbusch & H. de Mars, 2021. *Debietmetingen en waterkwaliteit 2020 - In Zuid-Limburgse grondwaterafhankelijke habitattypen*. Royal HaskoningDHV, Maastricht.

Zeguers, J.M.H & E.F. van Hijfte, 1953. *Problemen samenhangend met de resultaten van een grasland kartering te Vaals*, pp. 56-67. In: Landbouwverslag van de Rijkslandbouwconsulentschappen Zuid- en Noord-Limburg 1951-1952. Directie Landbouw. Roermond/Horst.

Zimmermann, K.; Z. Fric, L. Filipová & M. Konvicka, 2005. Adult demography, dispersal and behaviour of *Brenthis ino* (*Lepidoptera: Nymphalidae*): how to be a successful wetland butterfly. *European Journal of Entomology* 102(4): 699-706.

60269 0058

Royal HaskoningDHV

Bijlage 1 – Boorbeschrijvingen

BI7148 Natuurbank pilot Wolfhaag e.o. (veldwerk 5 1 24 5 1 24): 6 & 7 (8) - juli 2022)

Bodemprofielen

BV= Vaalsbroek | BM = Meelenbroek | BWo = Wolfhaag | BG = Wolfhaag -Galjebendje | BWb = Winnebroek

Fe+ = beperkte roestverschijnselen / vlekken
Fe++ = sterke roestverschijnselen
Fe+++ = zeer sterke roestverschijnselen, roestbanken

Carr = licht bruis tot agv kalkaanslag
Carr+ = sterke bruis, agv o.a kalkaanslag, brokjes etc.

org. = organisch stof
hum = humeus
sterig = met (vuur)stenen

voch = vochtig | vonig = vochtig

d.br = donkerbruin | d.gr = donkergrijs | l.br = lichtbruin | l.gr = lichtgrijs | gl. = geelgrijs | gr. = grijs | zw = zwart

	BV.01	BV.02	BV.03	BV.04	BV.05	BV.06	BV.07		BM.08	BM.09	BM.10	BM.11	BM.12	BM.13	BM.14	BM.15	BM.16	BM.17	BM.18
				= beekeve						= bedding				= bedding			= bedding		
coord. X	197985	197998	198013	198023	198018	198028	198035	coord. X	197783	197785	197789	197804	197814	197820	197823	197788	197787	197804	197810
coord. Y	308618	308626	308630	308634	308583	308589	308586	coord. Y	307947	307942	307940	307924	307908	307901	307897	307838	307843	308015	308031
gws (cm) -mv	110	>60	8	75	60	10	15	gws (cm) -mv	30	0	60	-1	30	5	10	30	0	65	45
Profiel (cm-mv)								*Profiel (cm-mv)*											
0 - 5	hum leem, br.	Leem, d.br, geroerd	Leem, d.br , - Fe +	Leem, d.gr , doorworteld	Leem, br, - Fe+	Leem, br, (stug)	Leem, dbr +amorf org zw	0 - 5	Leem, gr.br - Fe+	Veen, br,zw	Leem, br, doorworteld	Veen, zw , amorf , - slap	Veen, lemig, bl	Leem, hum, br,	Veen, bl	Leem, hum, br, ,	Leem, br,gr +org	Leem, hum, , br,	Veen, bl, - Fe+
5 -10	hum leem, br.	Leem, d.br, geroerd	Leem, d.br , - Fe +	Leem, d.gr , doorworteld	Leem, br, - Fe+	Leem, br, (stug)	Leem, dbr +amorf org zw	5 -10	Leem, gr.br - Fe+	Veen, br,zw	Leem, br	Veen, zw , amorf , - slap	Veen, lemig, bl	Leem, hum, br,	Veen, bl	Leem, hum, br, ,	Leem, br,gr +org	Leem, hum, , br,	Leem, verig, br, - Fe++
10-15	hum leem, br.	Leem, d.br, geroerd	Leem, d.br , - Fe +	Leem, d.gr , doorworteld	Leem, br, - Fe+	Leem, br, (stug)	Leem, dbr +amorf org zw	10-15	Leem, gr.br - Fe+	Veen, br,zw	Leem, br	Veen, zw , amorf , - slap	Veen, lemig, bl	Leem, hum, br,	Veen, bl	Leem, hum, br, ,	Leem, br,gr +org	Leem, br,gr - Fe++	Leem, verig, br, - Fe++
15-20	hum leem, br	Leem, d.br, gemeri	Leem, d.br , - Fe +	Leem, d.gr , doorworteld	Leem, br, - Fe+	Leem, br, (stug)	Leem, dbr +amorf org zw	15-20	Leem, gr.br - Fe+	Veen, br,zw	Leem, br	Veen, zw , amorf , - slap	Veen, lemig, bl	Leem, hum, br	Veen, bl	Leem, hum, br, ,	Leem, br,gr +org	Leem, br,gr - Fe++	Leem, verig, br, - Fe++
20-25	hum leem, br.	Leem, d.br, geroerd	Leem, d.br , - Fe +	Leem, d.gr , doorworteld	Leem, br, - Fe+	Leem, gr, zandig - Fe+	Leem, dbr +amorf org zw	20-25	Leem, gr.br - Fe+	Veen, br,zw	Leem, br	Veen, zw , amorf , - slap	Veen, lemig, bl	Leem, hum, br,	Veen, bl	Leem, hum, br, ,	Leem, br,gr +org	Leem, br,gr - Fe++	Leem, verig, br, - Fe++
25-30	Leem, br , - Fe++	Leem, d.br, geroerd	Leem, gr , +org	Leem, d.gr , doorworteld	Leem, br, - Fe+	Leem, gr, zandig - Fe+	Leem, zw, +amorf org	25-30	Leem, gr.br - Fe+	Veen, br,zw	Leem, br	Veen, zw , amorf , - slap	Veen, lemig, bl	Leem, hum, br	Veen, bl	Leem, hum, br, ,	Leem, br,gr +org	Leem, br,gr - Fe++	Leem, verig, br, - Fe++
30-35	Leem, br , - Fe++	Leem, br,gr , - Fe +	Leem, gr,, +org	Leem, d.gr , doorworteld	Leem, d.br, - Fe++	Leem, d.gr, +org	Leem, zw, +amorf org,	30-35	Leem, gr.br - Fe+	Veen, lemig, sterig, br,zw	Leem, br	Leem, zw +org	Loam, verig, zw,gr , - Fe+	Loam, hum, br,	Veen, bl	Loem br,gr - Fe++	Leem, br,gr +org	Leem, br,gr - Fe++	Loem, verig, br, - Fe++
35-40	Leem, br, - Fe++	Leem, br,gr , - Fe +	Leem, gr,, +org	Leem, d.gr , doorworteld	Leem, d.br, - Fe++	Leem, d.gr, +org	Leem, zw, +amorf org,	35-40	Leem, gr.br - Fe+		Leem, l.gr, br - Fe+	Leem, gr.br + org	Loam, verig, zw,gr , - Fe+	Loem, verig, br	Veen, bl	Loem br,gr - Fe++	Leem, br,gr +org	Leem, br,gr - Fe++	Loem, verig, br, - Fe++
40-45	Leem, br , - Fe++	Leem, br,gr , - Fe +	Leem, gr , +org	Leem, gr - stenig	Veen, lemig, d.br, amorf	Leem, d.gr, +org	Leem, zw, +amorf org,	40-45	Leem, gr.br - Fe+		Leem, l.gr, br - Fe+	Leem, gr.br + org	Loam, verig, zw,gr , - Fe+	Loem, verig, br	Veen, bl	Loem br,gr - Fe++	Leem, br,gr +org	Leem, fijnzandig, l.gr	Loem, verig, br, - Fe++
45-50	Leem, gr , - Fe++ Carr	Leem, bl,gr , - Fe +	Leem, gr,, +org	Leem, gr - stenig	Leem, l.br, - Fe+++	Leem, d.gr, +org	Bagger lemig, zw, +sterig	45-50	Leem, gr.br - Fe+		Leem, l.gr, br - Fe+	Leem, gr.br + org	Loam, verig, zw,gr , - Fe+	Loem, blw.gr, vlekkig - Fe+	Veen, bl	Leem, gr, + org	Leem, br,gr +org	Leem, fijnzandig, l.gr	Loem, verig, br, - Fe++
50-55	Leem, gr , - Fe++ Carr	Leem, br,gr , - Fe +	Leem, gr , +org	Leem, gr - stenig	Leem, l.gr,	Leem, d.gr, +org	Bagger lemig, zw, +sterig	50-55	Leem, gr.br - Fe+		Leem, l.gr, br - Fe+	Leem, gr.br + org	Loam, verig, zw,gr , - Fe+	Loem, blw.gr, vlekkig - Fe+	Veen, br	Leem, gr, + org	Leem, zw, sterk sterig, +org	Leem, gr, - Fe+	Leem, verig, br, - Fe++
55-60	Leem, gr , - Fe++ Carr	Leem, br,gr , - Fe +	Veen, zwbr, amorf	Leem, gr - stenig	Leem, l.gr,	Leem, d.gr, +org		55-60	Leem, gr.br - Fe+		Leem, l.gr, br - Fe+	Leem, gr.br + org	Loam, verig, zw,gr , - Fe+	Loem, blw.gr, vlekkig - Fe+	Leem, verig, br	Leem, gr, + org	Veen, br	Leem, blw, - Fe+ stenig	Leem, gr.blw, - Fe+
60-65	Leem, gr , - Fe++ Carr	Leem, br,gr , - Fe +	Veen, zwbr, amorf	Leem, gr - stenig	Leem, l.gr,	Leem, d.gr, +org		60-65	Leem, gr.br - Fe+		Leem, l.gr, br - Fe+	Leem, gr.br + org	Loam, verig, zw,gr , - Fe+	Loem, blw.gr, vlekkig - Fe+	Loem, verig, br	Loem, gr, + org	Veen, br	Leem, blw, - Fe+ stenig	Leem, gr.blw, - Fe+
65-70	Leem, gr , - Fe++ Carr	Leem, br,gr , - Fe +	Veen, zwbr, amorf	Leem, gr , - veel houtresten	Leem, l.gr,	Houtresten, zw		65-70	Leem, verig zw,br,gr +stenig		Leem, l.gr, br - Fe+	Leem, gr.br + org	Loam, verig, zw,gr , - Fe+	Loem, blw.gr, vlekkig - Fe+	Leem, verig, br	Leem, gr, + org	Veen, zw	Leem, blw, - Fe+ stenig	Leem, gr.blw, - Fe+
70-75	Leem, gr , - Fe++ Carr	Leem, bl,gr , - Fe +	Veen, zwbr, amorf		Loem, l.gr,	Houtresten, zw		70-75	Loem, verig zw,br,gr +stenig		Leem, l.gr, br - Fe+	Leem, gr.br + org	Loam, verig, zw,gr , - Fe+	Loem, blw.gr, vlekkig - Fe+	Loem, blw.gr, - Fe+, stenig	Loem, gr, + org	Veen, zw	Leem, blw, - Fe+ stenig	Loem, blw,
75-80	Leem, gr , stork sterig		Veen, zwbr, amorf		Loem, l.gr,	Houtresten, zw		75-80	Loem, verig zw,br,gr +stenig		Leem, gr , - Fe++	Leem, gr.br + org	Loam, verig, zw,gr , - Fe+	Loem, blw.gr, vlekkig - Fe+	Loem, blw.gr, - Fe+, stenig	Loem, gr, + org	Veen, zw	Leem, blw, - Fe+ stenig	Loem, blw,
80-85			Veen, zwbr, amorf		Leem, zandig, d.gr +org	Leem, d.gr, +hout +sterig		80-85	Leem, verig zw,br,gr +stenig		Leem, gr , - Fe++	Leem, gr.br + org	Veen, zw br	Leem, blw.gr, vlekkig - Fe+	Leem, blw.gr, - Fe+, stenig	Leem, gr, + org	Veen, zw	Leem, blw, - Fe+ stenig	Leem, blw,
85-90			Veen, zwbr, amorf		Loem, zandig, d.gr +org	Leem, d.gr, +hout +sterig		85-90	Leem, verig zw,br,gr +stenig		Leem, gr , - Fe++	Leem, gr.br + org	Loam, l.gr,	Loem, blw.gr, vlekkig - Fe+	Leem, blw.gr, - Fe+, stenig	Loem, gr, + org	Veen, zw	Leem, blw, - Fe+ stenig	Loem, blw,
90-95			Veen, lemig, zw,br		Veen, lemig, zw, amorf	Leem, d.gr, +hout +sterig		90-95	Leem, verig zw,br,gr +stenig		Leem, gr , - Fe++	Leem, blw.gr	Loam, l.gr,	Loem, blw, + sterig	Leem, blw.gr, - Fe+, stenig	Leem, gr, + veel org	Veen, zw	Leem, blw, - Fe+ stenig	Loem, blw,
95-100			Veen, lemig, zw,br		Veen, lemig, zw, amorf	Leem, d.gr, +hout +sterig		95-100	Loem, verig zw,br,gr +stenig		Loem, blw.gr	Leem, blw.(gr)	Loam, l.gr,	Loem, blw, + sterig	Leem, blw.gl, - Fe+, stenig	Leem, gr, + veel org	Veen, zw	Leem, blw, - Fe+ stenig	Loem, blw,
100-105			Veen, lemig, zw,br		Veen, lemig, zw, amorf	Leem, d.gr, +hout +sterig		100-105	Loem, verig zw,br,gr +stenig		Loem, blw.gr	Leem, blw.(gr)	Loam, blw.gr	Loem, blw, + sterig	Leem, blw.gr, - Fe+, stenig	Leem, gr, + veel org	Veen, zw	Leem, blw, - Fe+ stenig	Loem, blw,
105-110			Veen, lemig, zw,br		Veen, lemig, zw, amorf	Leem, d.gr, +hout +sterig		105-110			Loem, blw.gr	Leem, blw.(gr)	Leem, blw.gr	Leem, blw, + sterig	Leem, blw.gr, - Fe+, stenig	Leem, gr, + veel org	Veen, zw	Leem, sterig, blw, - Fe+	Leem, sterig, blw,
110-115			Veen, lemig, zw,br		Veen, lemig, zw, amorf	Leem, d.gr, +hout +sterig		110-115			Loem, blw.gr	Leem, blw.(gr)	Leem, blw.gr		Leem, blw.gr, - Fe+, stenig	Leem, gr, + veel org	Veen, lemig, zw, +sterig	Leem, sterig, blw, - Fe+	Loem, sterig, blw
115-120					Veen, lemig, zw, amorf	Leem, d.gr, +hout +sterig		115-120			Loem, blw.gr	Leem, blw.(gr)	Leem, blw.gr		Leem, blw.gr, - Fe+, stenig	Leem, gr +sterig	Leem, br,gr	Leem, sterig, blw, - Fe+	Leem, sterig, blw
120-125					Veen, lemig, zw, amorf	Leem, gr, +verig, zw		120-125			Loem, blw.gr	Leem, blw.(gr)	Leem, blw.gr		Leem, blw.gr, - Fe+, stenig	Leem, gr +sterig			
125-130					Veen, lemig, zw, amorf	Leem, gr, +verig, zw		125-130			Loem, blw.gr								
130-135					Veen, lemig, zw, amorf	Leem, gr, +verig, zw		130-135			Loem, blw.gr								
135-145					Loem, verig, zw - stenig	Leem, gr, +verig, zw		135-145											
145-155					Leem, verig, zw - stenig			145-155											
	(geen kalk in profiel)				(geen kalk in profiel)		(geen kalk in profiel)											(geen kalk in profiel)	

Royal HaskoningDHV

	BWo = Wolfhaag								BG = Wolfhaag-Galjoenbdje					BWb = Winnebroek			Bodemprofielen
	BWo.19	**BWo.20**	**BWo.21**	**BWo.22**	**BWo.23**	**BWo.24**	**BWo.25** = beek		**B ..26**	**B ..27**	**B ..28**	**B ..29**	**B ..30**	**BWb.31**	**BWb.32**	**BWb.33**	
coord. X	198029	198034	198051	198041	198041	198035	198055	coord. X	198744	198748	198745	198747	198730	197376	197355	197346	coord. X
coord. Y	307863	307872	307874	307884	307910	307911	307923	coord. Y	308218	308214	308206	308199	308207	309018	309003	308995	coord. Y
gws (cm) -mv	80	50	42	20	2	>80	0	*gws (cm) -mv*	>55	30	3	5	65	5	*15*	*40*	*gws (cm) -mv*
Profiel (cm-mv)								*Profiel (cm-mv)*									*Profiel (cm-mv)*
0 - 5	Leem, hum, br.,	Leem, hum, br.,-Fe+	Leem, hum, br. - Fe+	Leem, hum/veng, br. - Fe+	Modder, org/leming, zw	Leem, l.br.gr. - Fe+, (droog)	Leem, blw.gr. +org	0 - 5	Leem, gr., hum., gr. - Fe+ (droog)	Modder,leming, zw.	Leem, veng zw.br	Leem, hum, br, - Fe+	Leem, veng, br - Fe++	Veen, br, doorwteld.	Veen, leming br.	Leem, hum., br.	0 - 5
5 -10	Leem, hum, br.,	Leem, hum, br.,-Fe+	Leem, hum, br. - Fe+	Leem, hum/veng, br. - Fe+	Modder, org/leming, zw	Leem, l.br.gr. - Fe+, (droog)	Leem, blw.gr +org	5 -10	Leem, gr., hum., gr. - Fe+ (droog)	Modder,leming, zw.	Leem, veng zw.br	Leem, hum, br, - Fe+	Leem, veng, br - Fe++	Veen, leming gr.	Veen, leming br.	Leem, hum., br.	5 -10
10-15	Leem, hum, br.,	Leem, hum, br.,-Fe+	Leem, hum, br. - Fe+	Leem, hum/veng, br. - Fe+	Modder, org/leming, zw	Leem, l.br.gr. - Fe+, (droog)	Leem, blw.gr +org	10-15	Leem, gr., hum., gr. - Fe+ (droog)	Leem, veng, zw	Leem, veng zw.br	Leem, hum, br, - Fe+	Leem, veng, br - Fe++	Veen, leming gr.	Veen, leming br.	Leem, l.br.- Fe++	10-15
15-20	Leem, gr - Fe+	Leem, hum, br.,-Fe+	Leem, hum, br. - Fe+	Leem, hum/veng, br. - Fe+	Modder, org/leming, zw	Leem, l.br.gr. - Fe+, (droog)	Leem, blw.gr +org	15-20	Leem, gr., hum., gr. - Fe+ (droog)	Leem, veng, zw	Leem, veng zw.br	Leem, gr.br. - Fe+++	Leem, veng, br - Fe++	Veen, leming gr.	Veen, leming br.	Leem, l.br.- Fe++	15-20
20-25	Leem, gr - Fe+	Leem, gl.br, + veng br.	Leem, hum, br. - Fe+	Leem, hum/veng, br. - Fe+	Modder, org/leming, zw	Leem, l.br.gr. - Fe+, (droog)	Leem, blw.gr +org	20-25	Leem, gr., hum., gr. - Fe+ (droog)	Leem br.gr - Fe+	Leem, veng zw.br	Leem, gr.br. - Fe+++	Leem, fijnzandig, gr. - Fe++	Veen, leming gr.	Veen, leming br.	Leem, l.br.- Fe++	20-25
25-30	Leem, gr - Fe+	Leem, gl.br, + veng br.	Leem, hum, br. - Fe+	Leem, hum/veng, br. - Fe+	Leem, veng, zw.br. +stenig	Leem, l.br.gr. - Fe+, (droog)	Leem, blw.gr +org	25-30	Leem br., - Fe++	Leem br.gr - Fe+	Leem, veng zw.br	Leem, gr. - Fe++, +org	Leem, fijnzandig, gr. - Fe++	Leem, blw.gr	Leem, blw.gr veng - Fe+	Leem, d.br - Fe+	25-30
30-35	Leem, gr - Fe+	Leem, gl.br, + veng br.	Leem, br.gr. - Fe+, stenig +org	Leem, gr. +veng br.	Leem, veng, zw.br. +stenig	Leem, l.br.gr. - Fe+,	Leem, blw.gr +org	30-35	Leem br., - Fe++	Leem br.gr - Fe+	Leem, veng zw.br	Leem, gr. - Fe++, +org	Leem, fijnzandig, gr. - Fe++	Leem, blw.gr	Leem, blw.gr veng - Fe+	Leem, d.br - Fe+, +org	30-35
35-40	Leem, gr - Fe+	Leem, gl.br, + veng br.	Leem, br.gr. - Fe+, stenig +org	Leem, gr. +veng br.	Leem, veng, zw.br. +stenig	Leem, hum, br. - Fe++	Leem, blw.gr +org	35-40	Leem, rood.br, Sterk stenig. - Fe+++	Leem br.gr - Fe+	Leem, veng zw.br	Leem, gr. - Fe++, +org	Leem, blw.gr +org	Leem, blw.gr	Leem, blw.gr veng - Fe+	Leem, d.br - Fe+, +org	35-40
40-45	Leem, gr - Fe+	Leem, gl.br, + veng br.	Leem, br.gr. - Fe+, stenig +org	Leem, gr. +veng br.	Leem, veng, zw.br. +stenig	Leem, hum, br. - Fe++	Leem, blw.gr stenig, +org	40-45	Leem, rood.br, Sterk stenig. - Fe+++	Leem, d.gr - Fe+	Leem, veng zw.br	Leem, gr. - Fe++, +org	Leem, blw.gr +org	Leem, blw.gr	Leem, blw.gr veng - Fe+	Leem, l.gr (blw) leem - Fe++	40-45
45-50	Leem, gr - Fe+	leem, zandig, gr, +veng br	Leem, br.gr. - Fe+, stenig +org	Leem, gr. +veng br.	Leem, gr., stenig +org/equis. Ca+	Leem, hum, br. - Fe++	Leem, gr.br - Fe+, Ca+	45-50	Leem, rood.br, Sterk stenig. - Fe+++	Leem, d.gr - Fe+	Leem, veng zw.br	Leem, gr. - Fe++, +org	Leem, blw.gr +org	Leem, blw.gr	Leem, blw.gr veng - Fe+++	Leem, l.gr (blw) leem - Fe++	45-50
50-55	Leem, gr - Fe+++	leem, zandig, gr, +veng br	Leem, gr. - Fe+	Leem, gr. +veng br.	Leem, gr., stenig +org/equis. Ca+	Leem, fijnzandig, br.gr. - Fe+++	Leem, gr.br - Fe+, Ca+	50-55	Leem, rood.br, Sterk stenig. - Fe+++	Leem, d.gr - Fe+	Leem, veng zw.br	Leem, gr. - Fe++, +org	Leem, blw.gr +org	Leem, blw.gr	Leem, blw.gr veng - Fe+++	Leem, l.gr (blw) leem - Fe++	50-55
55-60	Leem, gr - Fe+++	leem, zandig, gr, +veng br	Leem, gr. - Fe+	Leem, gr. +org. br.	Leem, gr. stenig +org/equis. Ca+	Leem, fijnzandig, br.gr. - Fe+++	Leem, gr.br - Fe+, Ca++	55-60		Leem, d.gr - Fe+	Leem, veng zw.br	Leem, gr. - Fe++, +org	Leem, veng, gr	Leem, blw.gr	Leem, blw.gr - Fe+, +org	Leem, l.gr (blw) leem - Fe++	55-60
60-65	Leem, gr - Fe+++	leem, zandig, gr, +veng br	Leem, gr. - Fe+	Leem, gr., +org. br.	Leem, gr. stenig +org/equis. Ca+	Leem, fijnzandig, br.gr. - Fe+++	Leem, gr.br - Fe+, Ca++	60-65	(geen kalk in profiel)	Leem, d.gr - Fe+	Leem, veng zw.br	Leem, gr. - Fe++, +org	Leem, fijnzandig, gr. +org	Leem, blw.gr	Leem, blw.gr - Fe+, +org	Leem, gr.blw - Fe++	60-65
65-70	Leem, gr - Fe+++	leem, zandig, gr, +veng br	Leem, gr. - Fe+	Leem, blw.gr. +org	Leem, gr. - Fe+, stenig +org/equis. Ca++	Leem, fijnzandig, br.gr. - Fe+++	Leem, gr.br - Fe+, Ca++	65-70		Leem, d.gr - Fe+++	Leem, veng zw.br	Leem, d.gr., stenig - Fe+, +org	Leem, fijnzandig, gr. +org	Leem, blw.gr	Leem, blw.gr - Fe+, +org	Leem, gr.blw - Fe++	65-70
70-75	Leem, gr - Fe++++	Leem, veng, zw.br	Leem, gr. - Fe+	Leem, blw.gr. +org	Leem, gr. - Fe+, stenig +org/equis. Ca++	Leem, fijnzandig, br.gr. - Fe++++	Leem, gr.br - Fe+, Ca++	70-75		Leem, veng, zw.gr	Leem, veng zw.br	Leem, d.gr., stenig - Fe+, +org	Leem, fijnzandig, gr. +org	Leem, blw.gr	Leem, blw.gr. - Fe+, +org	Leem, gr.blw - Fe++	70-75
75-80	Leem, gr - Fe+++	Leem, veng, zw.br	Leem, gr. +houtpulp zw.br	Leem, blw.gr. +org	Leem, gr. - Fe+, stenig +org/equis. Ca++	Leem, fijnzandig, br.gr. - Fe++++	Leem, gr.br - Fe+, Ca++	75-80		Leem, veng, zw.gr	Leem, stenig, gr. - Fe+	Leem, d.gr., stenig - Fe+, +org	Leem, fijnzandig, gr. +org	Leem, fijnzandig, gr.blw	Leem, blw.gr. - Fe+, +org	Leem, gr.blw - Fe++	75-80
80-85	Leem, gr. - Fe+, +org. br	Leem, veng, zw.br	Leem, gr. +houtpulp zw.br	Leem, blw.gr. +org	Leem, gr., +org. Ca+brokken	Leem, fijnzandig, br.gr. - Fe++++	Leem, gr.br - Fe+, Ca++	80-85		Leem, veng, zw.gr	Leem, stenig, gr. - Fe+	Leem, d.gr., stenig - Fe+, +org	Leem, fijnzandig, gr. +org	Leem, gr.blw, (compact)	Leem, blw.gr. - Fe+, +org	Leem, gr.blw - Fe++	80-85
85-90	Leem, gr. - Fe+, +org. br	Leem, veng, zw.br	Leem, gr. +houtpulp zw.br	Leem, blw.gr. +org	Leem, gr., +org. Ca+brokken	Leem, fijnzandig, br.gr. - Fe++++	Leem, gr.br - Fe+, Ca++	85-90		Leem, veng, zw.gr	Leem, stenig, gr. - Fe+	Leem, d.gr., stenig - Fe+, +org	Leem, fijnzandig, gr. +org	Leem, gr.blw, (compact)	Leem, blw.gr. +org	Leem, gr.blw - Fe++	85-90
90-95	Leem, gr. - Fe+, +org. br	Leem, veng, zw.br	Leem, gr. +houtpulp zw.br	Leem, blw.gr. +org		Leem, gr., stenig. - Fe++	Leem, gr.br - Fe+, Ca++	90-95		Leem, veng, zw.gr	Leem, stenig, gr. - Fe+	Leem, d.gr., stenig - Fe+, +org	Leem, fijnzandig, gr. +org	Leem, gr.blw, (compact)	Leem, blw.gr. +org	Leem, gr.blw - Fe++	90-95
95-100	Leem, gr. - Fe+, +org. br	Leem, veng, zw.br	Leem, gr. +houtpulp zw.br	Leem, blw.gr. +org/ equis		Leem, gr., stenig. - Fe++	Leem, gr.br - Fe+, Ca++	95-100		Leem, veng, zw.gr	Leem, stenig, gr. - Fe+	Leem, d.gr., stenig - Fe+, +org	Leem, fijnzandig, gr. +org	Leem, gr.blw, (compact)	Leem, blw.gr. +org	Leem, gr.blw - Fe+, +org	95-100
100-105	Leem, gr. - Fe+, +org. br	Leem, veng, zw.br	Leem, gr. +houtpulp,equis. gl.br	Leem, blw.gr. +org/ equis		Leem, gr., stenig. - Fe++	Leem, gr., +org. Ca+brokken	100-105		Leem, veng, zw.gr	Leem, stenig, gr. - Fe+	Leem, d.gr., stenig - Fe+, +org	Leem, fijnzandig, gr. +org	Leem, gr.blw, (compact)	Leem, blw.gr. +org	Leem, gr.blw - Fe+, +org	100-105
105-110	Leem, gr. - Fe+, +org. br	Leem, veng, zw.br	Leem, gr. +houtpulp,equis. gl.br	Leem, blw.gr. +org			Leem, gr., +org. Ca+brokken	105-110		Leem,gr.blw, stenig	Leem, stenig, gr. - Fe+	Leem, d.gr., stenig - Fe+, +org	Leem, fijnzandig, gr. +org	Leem, gr.blw, (compact)	Leem, blw.gr. +org	Leem, gr.blw - Fe+, +org	105-110
110-115	Leem, gr. - Fe+, +org. br	Leem, veng, zw.br	Leem, grulo, gr. (zeer slap)	Leem, blw.gr. +org			Leem, gr., +org. Ca+brokken	110-115			Leem, stenig, gr. - Fe+	Leem, d.gr., stenig - Fe+, +org	Leem, fijnzandig, gr. +org		Leem, blw.gr. +org	Leem, gr.blw - Fe+, +org	110-115
115-120	Leem, gr. - Fe+, +org. br	Leem, fijnzandig, gr		Leem, blw.gr. +org			Leem, gr., +org. Ca+brokken	115-120			Leem, stenig, gr. - Fe+	Leem, d.gr., stenig - Fe+, +org	Leem, fijnzandig, gr. +org		Leem, blw.gr. +org	Leem, gr.blw - Fe+, +org	115-120
120-125	Leem, gr. - Fe+, +org. br	Leem, fijnzandig, gr		Leem, blw.gr. +org				120-125			Leem, stenig, gr. - Fe+	Leem, d.gr., stenig - Fe+, +org	Leem, veng, stenig, zw.br.		Leem, blw.gr. +org	Leem, gr.blw - Fe+, +org	120-125
125-130				Leem, blw.gr. +org				125-130			Leem, stenig, gr. - Fe+		Leem, veng, stenig, zw.br.				125-130
130-135								130-135			Leem, stenig, gr. - Fe+		Leem, veng, stenig, zw.br.				130-135
135-145								135-145									135-145
145-155								145-155									145-155
					(geen kalk in profiel)				(geen kalk in profiel)	(geen kalk in profiel)							

Royal HaskoningDHV

Bijlage 2 – Bodemanalyses

Totaaloverzicht van de bodemanalyseresultaten per locatie. Monsters zijn genomen van de bovenste 20cm. Al: Aluminium. Ca: Calcium. Fe: IJzer. K: Kalium. Mg: Magnesium. Mn: Mangaan. Na. Natrium. Si: Silicium. Zn: Zink. S: Zwavel. P: totaal Fosfor.

Locatie	Vocht gehalte	Bulk density droog	Organische stof gehalte	Olsen-P	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	Si	Zn	P	S
	(%)	(g/cm^3)	(%)	(µmol/l)	(mmol/l)										
Vaalsbroek BV. 01 + 02	25.6	1.023	9.6	3193	794	231	415	79	123	5.79	5.33	86	2.83	24.2	45
Vaalsbroek BV.03 + 06	36.6	0.956	11.6	2777	817	151	369	88	125	5.52	10.62	75	2.01	22.0	33
Paedsbemt BM.11	61.5	0.468	22.8	1045	311	75	123	25	43	0.95	4.37	39	1.40	11.0	23
Paedsbemt BM.12	50.7	0.515	22.1	563	342	112	193	30	46	3.11	3.67	32	2.27	13.2	25
Paedsbemt BM.14	61.4	0.394	24.2	524	225	99	109	22	29	2.01	2.36	25	1.44	9.2	24
Wolfhaag BWo.22	56.6	0.557	14.4	498	480	82	301	41	69	2.15	3.94	45	1.37	10.9	22
Galjebendsje BG.28 + 30	48.9	0.604	17.9	869	534	92	386	51	85	2.06	5.31	51	2.27	17.5	22
Winnebroek BWb.31 + .32	59.8	0.504	17.1	584	406	70	203	37	63	5.79	4.40	44	1.45	11.4	18

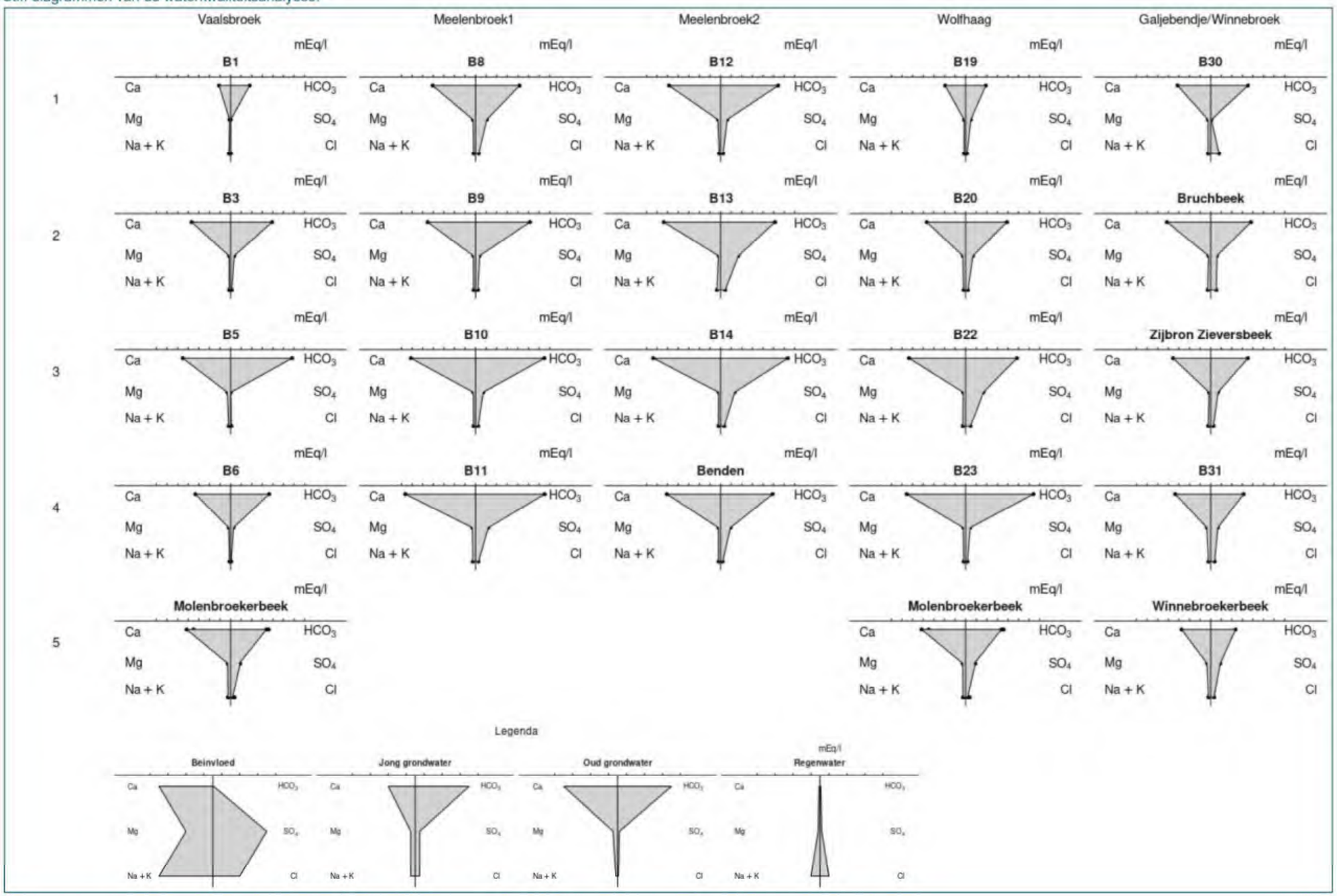
Royal HaskoningDHV

Bijlage 3 – Wateranalyses

Overzicht van de waterkwaliteitsgegevens. Waardes zijn weergegeven in mg/l, uitgezonderd pH en EGV (µS/cm).

Locatie	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	Si	Zn	P	S	Cl	Br	NO3	PO4	SO4	NH4	HCO3	pH	EGV
BV.01	1.058	21.8	0.80	0.76	1.19	0.430	3.1	15.2	<0.033	0.12	2.9	1.2	0.62	0.1	<0.005	1.2	0.76	110	6.83	133
BV.03	<0.027	73.9	<0.055	0.64	1.76	0.378	2.6	10.6	<0.033	<0.06	13.9	4.2	0.88	<0.003	<0.005	17.0	1.18	240	7.37	344
BV.05	<0.027	90.5	0.40	0.72	3.69	0.969	3.8	10.3	0.043	<0.06	17.0	2.6	1.59	0.9	<0.005	1.5	2.71	355	6.99	454
BV.06	<0.027	66.6	<0.055	<0.39	2.10	0.078	2.6	10.7	<0.033	0.07	12.7	2.2	0.89	0.1	<0.005	13.5	0.86	222	7.17	310
BM.08	0.042	81.3	0.31	1.48	2.88	0.054	3.4	20.6	<0.033	0.18	18.9	10.7	1.30	<0.003	<0.005	50.7	6.69	254	7.41	436
BM.09	<0.027	90.7	0.13	0.90	2.65	0.223	3.8	12.8	<0.033	0.09	18.0	7.8	1.09	<0.003	<0.005	18.3	1.69	313	7.55	442
BM.10	<0.027	122.4	<0.055	0.62	2.65	0.232	4.1	10.6	<0.033	<0.06	23.8	8.6	1.79	<0.003	<0.005	34.5	1.28	397	7.51	558
BM.11	<0.027	133.1	9.12	1.94	3.70	1.856	4.9	12.4	<0.033	0.11	25.9	9.8	1.38	<0.003	<0.005	57.9	1.32	399	7.35	598
BM.12	<0.027	97.7	<0.055	0.52	2.99	0.209	2.8	12.2	<0.033	<0.06	20.7	8.3	1.25	<0.003	<0.005	29.9	0.69	332	7.68	480
BM.13	<0.027	107.6	0.21	8.40	2.42	0.063	3.0	30.4	<0.033	0.36	26.0	15.7	1.53	<0.003	<0.005	81.0	6.83	314	7.28	585
BM.14	<0.027	127.3	0.37	1.84	2.28	0.155	3.4	18.6	<0.033	0.13	27.4	12.5	1.47	<0.003	<0.005	63.9	4.64	388	7.31	617
BWo.19	<0.027	38.7	<0.055	<0.39	1.72	0.284	3.5	9.6	<0.033	<0.06	9.1	4.5	0.70	0.9	<0.005	23.7	0.42	116	6.73	211
BWo.20	0.199	73.6	0.86	0.71	3.27	0.091	4.1	13.6	<0.033	0.20	16.7	7.9	1.38	0.2	<0.005	33.3	1.15	239	7.00	386
BWo.22	<0.027	107.1	0.22	3.76	2.84	0.070	3.8	20.9	<0.033	0.25	25.5	16.5	1.50	<0.003	<0.005	81.0	4.73	296	6.75	548
BWo.23	<0.027	111.5	9.50	0.93	2.76	1.221	3.7	12.2	<0.033	0.13	21.8	6.0	1.41	<0.003	<0.005	20.9	0.94	392	7.28	533
BG.30	<0.027	62.6	17.86	0.40	3.03	1.049	5.2	14.4	<0.033	0.08	11.8	28.3	1.12	<0.003	<0.005	3.5	0.27	215	6.94	375
BWb.31	<0.027	67.1	0.06	<0.39	4.27	0.012	4.7	11.7	<0.033	0.07	15.4	13.6	0.81	26.2	<0.005	32.8	0.66	190	7.10	369
Molenbroekerbeek (BV)	<0.027	69.9	<0.055	2.16	2.95	<0.003	4.5	9.9	<0.033	0.10	16.5	13.3	0.75	12.0	<0.005	43.9	2.25	206	7.87	381
Benden (BM)	<0.027	101.7	<0.055	0.69	2.46	<0.003	4.0	10.8	<0.033	0.11	22.1	6.9	0.95	14.4	<0.005	45.1	0.92	300	7.90	474
Molenbroekerbeek (BWo)	<0.027	83.1	<0.055	0.88	3.37	0.009	3.6	11.3	<0.033	0.15	18.1	6.9	0.88	35.2	0.259	38.9	0.18	220	6.78	409
Bruchbeek (BG)	<0.027	82.7	<0.055	1.23	2.39	0.017	5.5	12.5	<0.033	0.07	17.3	18.8	0.88	8.3	<0.005	29.1	0.42	233	7.88	401
Zijbron Zieversbeek (BG)	<0.027	71.2	<0.055	0.87	1.72	<0.003	4.6	11.2	<0.033	0.13	16.4	9.5	0.77	7.3	0.157	33.8	0.21	215	7.31	365
Winnebroekerbeek (BWb)	<0.027	55.0	<0.055	1.14	4.03	0.007	4.0	11.3	<0.033	0.09	14.2	11.3	0.72	25.3	<0.005	43.6	0.50	144	7.94	322

Stiff diagrammen van de waterkwaliteitsanalyses.



Royal HaskoningDHV

Bijlage 4 – Vegetatieopnames

Onderstaande tabellen geven het totaaloverzicht van de gemaakte vegetatieopnames.

BV= Vaalsbroek **BM** = Paedsbemt **BWo** = Wolfhaag **BWb** = Winnebroek **BG** = Wolfhaag-Galjebendsje

opnamedata 5 - 7 juli 2022

Opname 5 1 2e

Methode: opnamevlak 9 m²: Tansley - EAL *(Tabel handmatig geordend)*

Vegetatietabel Wolfhaag e.o.

	BWo.19	BM.10	BWo.20	BWo.24	BWo.21	BM.18	BM.17	BWb.33	B .29	BV.01	BV.02	BV.03	BV.06	B .30	BV.05	BWo.22	BWo.23	BM.08	BM.09 = bedding	BM.12	BM.13 = bedding	BM.14	BM.15	BM.16 = bedding	B .27	B .28	BWb.31	BWb.32	BM.11	BWb.34 = boom	30	*totaal*
coord X	198029	197789	198034	198035	198051	197810	197804	197346	198747	197985	197998	198013	198028	198730	198018	198041	198041	197783	197785	197614	197820	197823	197788	197787	198748	198745	197376	197355	197804	197346		
coord Y	307863	307940	307872	307911	307874	308031	308015	308994	308199	308618	308626	308630	308589	308207	308583	307884	307910	307947	307942	307908	307901	307897	307838	307843	308214	308206	309018	309003	307924	309005		
gws (cm -mv)	80	90	50	>80	42	45	65	*40*	50	110	>60	8	10	65?	80	20	2	30	0	30	5	10	30	0	30	3	5	*15*	-1	-1		
Vegetatietype (ASSOCIA)	r16RG07	r16RG07	r16AB04	r12RG01	r12RG01	r32RG03	r16RG28	r12RG01	r16RG08	r16AB04	r16RG02	r16AB04	r16AB04	r16RG02	r33AA01B	r16AB04	r16AB04	r16RG28	r16AB04	r16AB04	r16AB04	r33AA01B	r33AA01B	r33AA01B	r33AA01B	r08RG04	r16AB04	r16RG28	r16AB04	r16RG08		
Soort	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	soort aantal opn	%
Galeopsis tetrahit	2	3																													2	7
Taraxacum officinale	2		1	1																											3	10
Stellaria graminea	2			3												1															3	10
Bromus hordeaceus			1	2	2																										3	10
Trifolium repens	8	2	4	3																											4	13
Trifolium pratense	4		3	3	4																										4	13
Cerastium fontanum	3	3	2	2			2											3								2					7	23
Agrostis stolonifera	6	5	4	8	8	8	3	7	3	8	8	4	2					3					3								15	50
Ranunculus repens	8	8	8		8	8	9	1	3	8	1		1					6	2										3		14	47
Juncus effusus	2	2	2	2	2	1	1		7	3	3	3		2	2	1	2						2	3		2				2	19	63
Equisetum palustre	2	3	5	4	6	5	8	3	3	3	4	3	2	3	2	6	4	5	3	4		7	3	6	4		2	4	7	2	28	93
Holcus lanatus	8	8	9	8	8	8	8	8	7	4	5	3	4	4	8	4	7	7	4			2	2	2			1	6		2	25	83
Poa trivialis	4	4		4	2	3	3	3	6		3			7	3	5	6	7	4				3	2	3	2	2		3		21	70
Scirpus sylvaticus			4	3						4	3	6	3		3	6	5			4	3						2		3		13	43
Lythrum salicaria			2		1	3	3		2			1	2	2		6	3	3		1	2	1			3	1	2	2		1	19	63
Lathyrus pratensis				2	4	1		5			3	4	1		2	2	3		3	2											12	40
Juncus acutiflorus				1		4	7	3		3	4	5	7	7	1	4	7	5		5	3			5	4		4	9	6	4	21	70
Carex disticha				3		3		x			4	7	8	7				1		2				2							9	30
Filipendula ulmaria				**1**	**2**	**3**			**1**			**1**	**7**	**3**	**5**	**8**	**2**	**1**	**4**	**8**	**8**	**9**	**4**	**6**	**8**	**8**	**9**	**1**			21	**70**
Lotus pedunculatus									2	5	4	5	7	5	1	4	6	6	3	3	3	2		2	3	2		8			18	60
Mentha aquatica										5	5	7	3				4	7	6	7							2		2		10	33
Urtica dioica														1	1				x		2	3	3	3		1					7	23
Galium uliginosum																1				2		2		2			1		3		6	20
Carex brizoides						**2**												**6**	**2**	**6**	**4**	**3**	**9**	**4**							8	**27**
Convolvulus sepium																					3	3	3		4	2					5	17
Mimulus guttatus																											**1**	**2**		**9**	3	**10**
Typha angustifolia																														**5**	1	**3**
Veronica beccabunga																	5	1	8						3						4	13
Cirsium palustre	3	2			2		1	1						1		2	1	2			1			2	1	2	1	2	2		16	53
Rumex conglomeratus	1		1			2	3	1				1	2			2	2		3	3	2	1		2							14	47
Epilobium parviflorum					1	4								1		3	3	2	4		3			2		2		4	6	1	13	43
Carex hirta			2	2		6		2		3	2		2		3			2											1		10	33
Ranunculus acris	3	2												2					2	3					1						6	20
Phleum pratense								1	6	4	3			2																	5	17
Alopecurus pratensis								9	6						4									2							4	13
Dactylis glomerata		3						3						1				2					2								5	17
Epilobium hirsutum																2	6					1			3	2					5	17
Rumex acetosa	2	2						1							2																4	13
Vicia sepium				4	1																1										3	10
Vicia hirsuta				1	2						1																				3	10
Anthoxanthum odoratum		4				2												7			2										4	13
Equisetum fluviatile																3									4	7			7		4	13
Stachys palustris					1				4					8												3					4	13
Galium palustre										1																			1		2	7
Hypericum maculatum																		1	3	1											3	10
Silene flos-cuculi														3					2								1				3	10

Royal HaskoningDHV

vervolg tabel

	BWo.19	BM.10	BWo.20	BWo.24	BWo.21	BM.18	BM.17	BWb.33	B .29	BV.01	BV.02	BV.03	BV.06	B .30	BV.05	BWo.22	BWo.23	BM.08	BM.09	BM.12	BM.13	BM.14	BM.15	BM.16	B .27	B .28	BWb.31	BWb.32	BM.11	BWb.34	30 totaal
																			= bedding		= bedding			= bedding							
coord X	198029	197789	198034	198035	198051	197810	197804	197346	198747	197985	197998	198013	198028	198730	198018	198041	198041	197783	197785	197814	197820	197823	197788	197787	198748	198745	197376	197355	197804	197346	
coord Y	307863	307940	307872	307911	307874	308031	308015	308994	308199	308618	308626	308630	308589	308207	308583	307884	307910	307947	307942	307908	307901	307897	307838	307643	308214	308206	309018	309003	307924	309005	
gws (cm -mv)	80	90	50	>80	42	45	65	*40*	50	110	>60	8	10	85?	60	20	2	30	0	30	5	10	30	0	30	3	5	*15*	-1	-1	
Vegetatietype (ASSOCIA)	r16RG07	r16RG07	r16AB04	r12RG01	r12RG01	r32RG03	r16RG28	r12RG01	r16RG08	r16AB04	r16RG02	r16AB04	r16AB04	r16RG02	r33AA01B	r16AB04	r16AB04	r16RG28	r16AB04	r16AB04	r16AB04	r33AA01B	r33AA01B	r33AA01B	r33AA01B	r08RG04	r16AB04	r16RG26	r16AB04	r16RG08	
Soort	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	*abund*	soort aantal ops	%
Galium aparine		1																				6		1							3	10
Festuca arundinacea								3															3	1							3	10
Elytrigia repens										1	2																				2	7
Festuca rubra											2				2																2	7
Iris pseudoacorus											1		1																		2	7
Angelica sylvestris												1										2									2	7
Odonites vernus ssp serotinus							2											2													2	7
Glyceria spec						5													3												2	7
Scrophularia nodosa/auriculata																4			1												2	7
Epilobium tetragonum		3					2																								2	7
Cirsium arvense		1			2																										2	7
Cardamine pratensis							2																						3		2	7
Galium mollugo																					3	7									2	7
Rumex obtusifolius	1				1							2			1																4	13
Lolium perenne	2				4																										2	7
Prunella vulgaris			1													1															2	7
Festuca gigantea															2																1	3
Juncus inflexus												3																			1	3
Persicaria hydropiper																		1													1	3
Lemna minor																													7		1	3
Eleocharis palustre																													2		1	3
Helosciadium nodiflorum																													2		1	3
Stellaria alsine																													2		1	3
Eupatorium cannabinum																					2										1	3
Mentha suaveolens																						2									1	3
Valeriana officinalis																						2									1	3
Primula eliator																						2									1	3
Cardamine amara																								1							1	3
Rubus fruticosus																							3								1	3
Arrhenatherum elatius																							2								1	3
Cirisum arvense							1																								1	3
Veronica chamaedrys	1																														1	3
Glechoma hederacea																	2														1	3
Ajuga reptans																	3														1	3
Deschampsia cespitosa									2																						1	3

17 September 2021 | Rapport 1833.N.21

Fosfaatonderzoek Klisserbeemden

Advies over de ontgravingsdiepte ten behoeve van het bereiken van de beoogde natuurdoelen en waterpartijen

5.1.2e

5.1.2e

nmi soil for life

Nutriënten Management Instituut BV
e-mail: nmi@nmi-agro.nl
website: www.nmi-agro.nl

Referaat

5.1.2e & 5.1.2e 2021, Fosfaatonderzoek Klisserbeemden. Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 1833.N.21, pp 37

Rapport in het kort

Staatsbosbeheer heeft het voornemen om in projectgebied De Klisserbeemden (onderdeel van Natuurnetwerk Brabant) op voormalige landbouwgrond natuur te ontwikkelen. De specifieke wens is het vergroten van de ecologische waarde door een combinatie van vernatting, de aanleg van waterpartijen, en de ontwikkeling van nat schraalland en kruidenrijk grasland. Dit onderzoek heeft geleid tot inzicht in de bodemsamenstelling en met name de fosfaattoestand van de bodem. Aan de hand van deze inzichten wordt advies gegeven over de inrichtingsmogelijkheden ten behoeve van het bereiken van de beoogde doelstellingen.

© 2021 Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit de inhoud mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van Nutriënten Management Instituut NMI.

Rapporten van NMI dienen in eerste instantie ter informatie van de opdrachtgever. Over uitgebrachte rapporten, of delen daarvan, mag door de opdrachtgever slechts met vermelding van de naam van NMI worden gepubliceerd. Ieder ander gebruik (daaronder begrepen reclame-uitingen en integrale publicatie van uitgebrachte rapporten) is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NMI.

Disclaimer

Nutriënten Management Instituut NMI stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens NMI verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Verspreiding

5.1.2e, Staatsbosbeheer — digitaal

Inhoudsopgave

Samenvatting		**4**
1	**Inleiding**	**7**
2	**Methodologie**	**8**
3	**Resultaten**	**12**
3.1	Algemene bodemkenmerken	12
3.2	Fosfaattoestand	14
3.3	Maaiveldhoogte en hydrologische setting	18
4	**Inrichtingsmaatregelen**	**20**
4.1	Hydrologische maatregelen	20
4.2	Fosfaattoestand in relatie tot natuurpotentie en vernatting	21
4.3	Richting een inrichtingsplan	25
5	**Conclusies**	**26**
Literatuur		**28**
Bijlage I: Regionale ligging van de onderzoekslocatie		**29**
Bijlage II: Resultaten bodemonderzoek Thyssen, 2016		**30**
Bijlage III: Resultaten bodemanalyses		**34**
Bijlage IV: Diepteprofielen		**38**

Samenvatting

Als onderdeel van Natuurnetwerk Brabant wordt in het projectgebied De Klisserbeemden natuur ontwikkeld. Het gebied was voorheen in landbouwkundig gebruik en heeft op dit moment vanuit het oogpunt van landschap en ecologie een beperkte waarde. Het voornemen is om in het onderzoeksgebied de ecologische waarde te vergroten door een combinatie van vernatting, de aanleg van waterpartijen, de ontwikkeling van nat schraalland en de ontwikkeling van een struweelrand. Omdat door het historisch agrarisch gebruik de bodem is verrijkt met fosfaat is het gewenst de met fosfaat verrijkte bodem te verwijderen. Het doel van het voorliggende onderzoek is om de bodemopbouw en de fosfaattoestand van de bodem te onderzoeken en aan de hand van deze inzichten advies te geven over de ontgravingsdiepte ten behoeve van het bereiken van de beoogde natuurdoelen.

Het onderzoeksgebied is verdeeld in zeventien monsternamelocaties (Figuur 1). Uitgangspunt van de bemonstering was het inrichtingsplan dat door Staatsbosbeheer is opgesteld waarbij perceelsgrenzen zoveel mogelijk als bemonsteringseenheden zijn aangehouden vanwege het historisch agrarisch management en het corresponderende effect op de fosfaatopbouw in de bodem. Afhankelijk van de locatie zijn op twee tot vijf dieptes grondmonsters genomen. De monsters zijn onder andere geanalyseerd op meerdere fosfaatfracties (P-$CaCl_2$, P-AL, FVG, P-ox), parameter die belangrijk zijn voor de fosfaatbinding (Fe-ox, Al-ox), het organische stofgehalte, de pH, textuur en het klei-humuscomplex (CEC) met basenverzadiging.

Figuur 1 Monsternamelocaties bodem. Het getal in de label geeft het locatienummer aan, de kleur het aantal dieptemonsters.

Het bodemonderzoek in de Klisserbeemden heeft tot de volgende inzichten geleid:

- De bodem bestaat uit een zwarte, matig tot zeer humusrijke toplaag die gelegen is op een zand -of veenondergrond. De humusrijke toplaag is afhankelijk van de locatie 20-70cm dik.
- In het noordoostelijk deel van het onderzoeksgebied (tussen landbouwsloot en Keersop) wordt de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland beoogd. De fosfaattoestand van de bovenste

30cm is hier te classificeren als voedselrijk. In de uitgangssituatie is de bodem daarmee geschikt voor de ontwikkeling van kruiden -en faunarijk grasland. Het beschikbaar fosfaatgehalte neemt sterk af met de diepte. Wanneer 30cm van de verrijkte toplaag zou worden verwijderd is de fosfaattoestand geschikt voor de potentiële ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie zoals vochtig hooiland. Een uitzondering is het meest westelijk gelegen perceel (monsterlocatie 13) waar na 30cm afgraven de fosfaattoestand nog te hoog is voor matig voedselrijke vegetaties.

- Voor het deel van het onderzoeksgebied waar de ontwikkeling van nat schraalland wordt beoogd (zuidwestelijke deel) is de fosfaatverzadiging van de bovengrond te hoog voor de beoogde natuurontwikkeling. De ontwikkeling van nat schraalland lijkt alleen reëel in het zuidwestelijk deel van het onderzoeksgebied (monsterlocaties 1 en 2), waar de potentiële ontwikkeling van nat schraalland kan worden gerealiseerd door 30-50cm af te graven. Op deze twee locaties na wordt aanbevolen om de natuurdoelstelling aan te passen naar de ontwikkeling van kruiden -en faunarijk grasland voor de locaties 4 en 5 (geen maatregelen nodig), de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie zoals vochtig hooiland op locatie 9 (ten noorden van de beoogde waterpartij, na 30cm afgraving) en de ontwikkeling van zeer voedselrijk bos op het perceel op de hoek van de Eeuwelsedijk en de Heijerdijk (locatie 8).
- Op de locatie waar de kleine waterpartij (monsterlocatie 1) wordt beoogd zijn geen maatregelen nodig om de fosfaatverzadiging van de bodem te verlagen.
- Voor het deel van het onderzoeksgebied waar de grote waterpartij wordt beoogd is er een risico op fosfaatmobilisatie na vernatting. Geadviseerd wordt om dit risico te beperken door tenminste 30cm in het noordelijk deel (locaties 10 en 11) en tenminste 50cm in het zuidelijk deel (locaties 6 en 7) af te graven. Een uitzondering is het meest noordwestelijk gelegen perceel (locatie 12) waar de fosfaatverzadiging van de bodem laag is. Hier hoeft niet ontgraven te worden om het risico op fosfaatmobilisatie na vernatting te verlagen (maar wel voor het creëren van de waterpartij).
- Aanbevolen wordt om de grote waterpartij voldoende door te laten stromen om het risico op eutrofiëring te beperken.
- De fosfaattoestand is het hoogst op het perceel op de hoek van de Eeuwselsedijk en de Heijerdijk (locatie 8). Dit perceel leent zich het beste voor de aanplant van bos. Dit perceel grenst aan de beoogde grote waterpartij. Maatregelen zouden getroffen moeten worden om het risico op fosfaatuitspoeling van dit perceel naar de waterpartij te verlagen. Vanuit Staatsbosbeheer (5.1.2e) is voorgesteld om het hart van de waterpartij naar het westen te schuiven om het contact met de meest extreem voedselrijke ondergrond te vermijden. Daarnaast is voorgesteld om de afwatering van de waterpartij via een sloot te laten verlopen en deze sloot aan de meest voedselrijke kant van de waterpartij te scheiden met een lage rug tussen waterpartij en sloot. Door de sloot worden de korte, voedselrijke kwelstromen van de fosfaatrijke natuurpercelen, maar ook van de zuidoostelijk gelegen landbouwgronden, afgevangen en direct afgevoerd in oostelijke richting. Andere inrichtingsmogelijkheden zijn om tenminste 30cm van de (zeer) voedselrijke bodem op locatie 8 af te graven en op het natte grensvlak van het perceel en de waterpartij vegetatie te ontwikkelen met het doel om fosfaat wat van het perceel naar de waterpartij uitspoelt op te nemen en af te voeren (zoals riet).
- Afgraven, onder andere voor het realiseren van de beoogde grote waterpartij in de laagte van het gebied, kan op zichzelf gevolgen hebben voor de hydrologische setting van het gebied en leiden tot een verhoogde kweldruk uit de hoger gelegen landbouwpercelen en de met fosfaat verrijkte omliggende percelen. In het huidig plan wordt de drainerende werking van ontgraving deels gecompenseerd met de aanleg van een stuw bij de Heijerdijk in combinatie met peilopzet. Geadviseerd wordt om dit in het plan te behouden.

De resultaten van het bodemonderzoek zijn besproken met Staatsbosbeheer. De vertaling van de resultaten en adviezen naar een inrichtingsplan en een daaruit volgend ontgravingsdiepte zijn in Figuur

2 ruimtelijk weergeven. Hierbij is uitgegaan van een inrichting die van noordoost naar zuidwest overgaat van bos (noordoost) naar waterpartij en kruiden- en faunarijkgrasland (midden) en met een gradiënt overgaat naar matig voedselrijke vegetatie (west) en nat schraalland (zuidwest). Voor het bos en kruiden -en faunarijk grasland zou afgraven niet nodig zijn. De aanleg van een kleine poel in het zuidwesten is vervangen door de ontwikkeling van nat schraalland.

Figuur 2 Inrichtingsvoorstel en de daaruit volgende ontgravingsdiepte zoals besproken met opdrachtgever (24 september 2021). Het getal in de label geeft de ontgravingsdieptes aan, de kleur de natuurdoelstelling.

**) De fosfaattoestand is op dit perceel het hoogst. De voorgestelde ontgraving dient voor het reduceren van het risico op fosfaatuitspoeling naar de beoogde grote waterpartij.*

***) deze percelen grenzen aan het perceel met de hoogste fosfaattoestand. Aanbevolen wordt om hydrologische maatregelen te nemen eventueel aangevuld met maaien en afvoeren van oevervegetatie (bv riet) met het doel om fosfaat op te nemen en af te voeren.*

1 Inleiding

Het projectgebied "De Klisserbeemden" (regionale ligging in Bijlage I) is onderdeel van het Natuurnetwerk Brabant. Het gebied was voorheen in landbouwkundig gebruik en heeft vanuit het oogpunt van landschap en ecologie een beperkte waarde. In 2016 is een bodemkundig -en hydrologisch onderzoek uitgevoerd (Thyssen, 2016) en is er door Staatsbosbeheer een inrichtingsplan opgesteld (Figuur 1-1). De doelstelling van het inrichtingsplan is om de ecologische waarde in het gebied te verhogen. In het onderzoeksgebied wordt dit beoogd door in het zuidwestelijk deel vernatting te combineren met de aanleg van waterpartijen, de ontwikkeling van nat schraalland en een struweelrand op de overgang tussen de grote waterpartij en het omliggende nat schraalland, en in het noordoostelijk deel kruiden -en faunarijk grasland te ontwikkelen (Figuur 1-1).

Figuur 1-1: Schets van het herontwikkelingsplan voor Klisserbeemden

Het **doel** van het onderzoek is tweeledig:

- het bepalen van de ontgravingsdiepte ten behoeve van het ontwikkelen van nat schraalland en het aanleggen van waterpartijen op basis van de fosfaatverzadiging van de bodem (zuidwestelijk deel van de onderzoekslocatie)
- het onderzoeken van de mogelijkheden om schralere vegetatie dan kruiden- en faunarijk grasland te ontwikkelen in het deel waar de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland als doel is gesteld (noordoostelijk deel van de onderzoekslocatie).

2 Methodologie

Selectie monsternamepunten

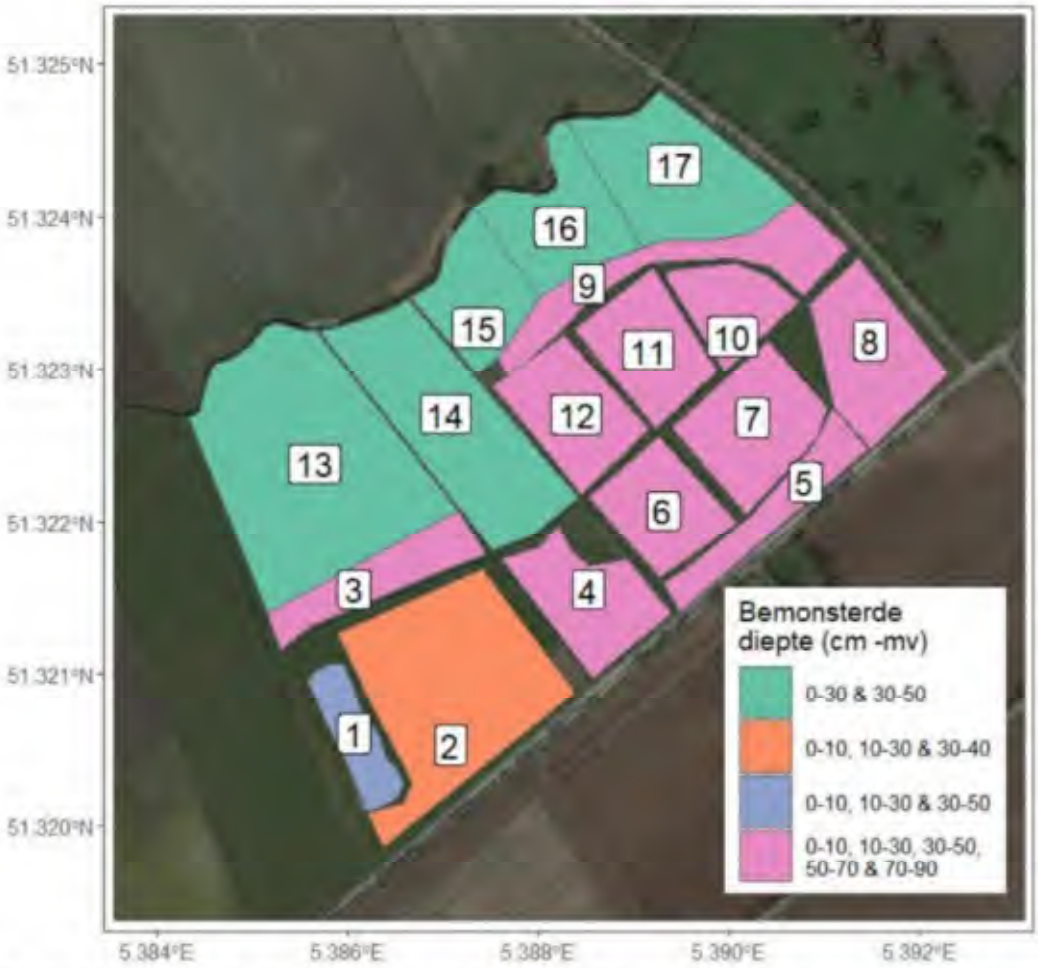
Op basis van het inrichtingsplan (Figuur 1-1) is in overleg met Staatsbosbeheer een monsternameplan samengesteld. Percelen zijn zoveel mogelijk als bemonsteringseenheden aangehouden in verband met het historisch agrarisch beheer. De (zeventien) monsternamelocaties zijn in onderstaande figuur weergeven. Op monsterlocatie 4 is het laagst – en daardoor natste deel – buiten de bemonstering gelaten.

Figuur 2-1 Monsternamelocaties bodem. Het getal in de label duidt op het locatienummer, de kleur geeft de natuurdoelstelling aan.

60271 0059

Monstername bodem

Op 4 maart en 23 juni 2021 is de bodem van de percelen bemonsterd. In het noordoostelijk deel van het onderzoeksgebied waar de ontwikkeling van nat schraalland als doel is gesteld (locaties 13 t/m 17) is de bouwvoor (bovenste 30cm) en de laag hieronder bemonsterd (Figuur 2-2). In het zuidwestelijk deel waar de ontwikkeling van nat schraalland en de aanleg van waterpartijen wordt beoogd (locaties 1 t/m 12) is in eerste instantie de toplaag (bovenste 10cm), het overig deel van de bouwvoor (10-30cm -mv) en de laag onder de bouwvoor (30-40 tot 30-50cm -mv) bemonsterd. Uit de analyses bleek dat de fosfaatverzadiging van de bodem tot 50cm -mv te hoog was voor de beoogde natuurontwikkeling, met uitzondering van het meest zuidwestelijk deel van de onderzoekslocatie (locaties 1 en 2). Op basis van deze resultaten heeft aanvullend onderzoek plaatsgevonden waarbij op de locaties waar de aanleg van waterpartijen of de ontwikkeling van nat schraalland wordt beoogd (locaties 1 en 2 uitgezonderd) de diepere ondergrond (50-70 en 70-90cm -mv) is bemonsterd (locaties 3 t/m 12). Een overzicht van de bemonsterde bodemlagen is in Figuur 2-2 ruimtelijk weergeven. Per bemonsteringseenheid is van elke bemonsterde diepte een representatief mengmonster genomen. Door het inhomogene karakter van een bodem kan één enkel bodemmonster binnen een gedefinieerde zone een zeer vertekend beeld geven van bijvoorbeeld de gemiddelde fosfaattoestand. Door in een W-vorm over de te bemonsteren eenheid te lopen en op vaste afstanden diverse steken te nemen die worden gecombineerd tot één monster, wordt een zo representatief mogelijk mengmonster genomen, zodat een goede indicatie van de gemiddelde bodem- en fosfaattoestand wordt verkregen.



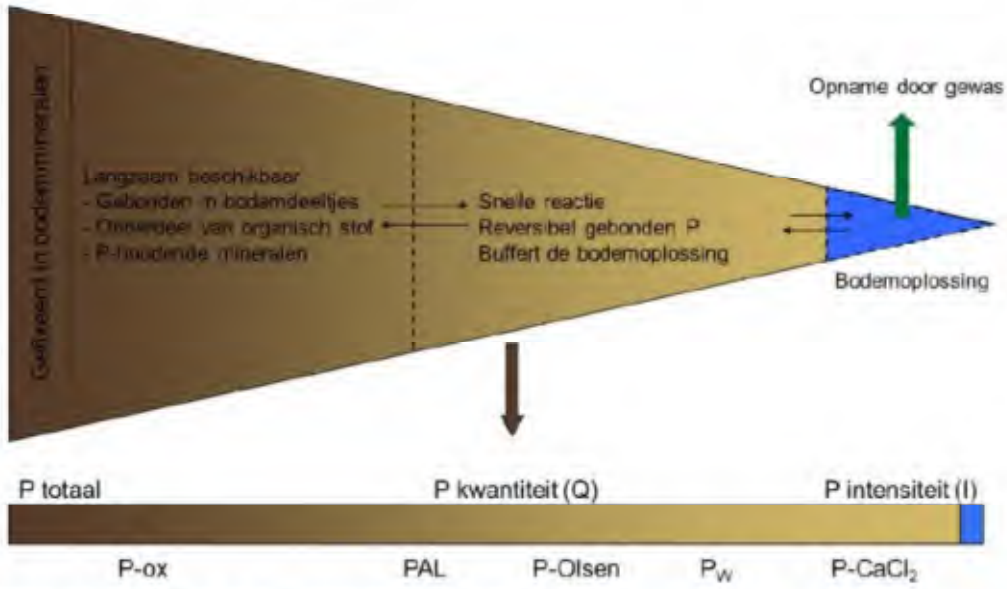
Figuur 2-2 Bemonsterde dieptes. Het getal in de label geeft het locatienummer aan, de kleur de bemonsterde dieptes.

Analyses

In alle bodemmonsters zijn ten behoeve van een algemene beschrijving van de bodemkwaliteit het organische stofgehalte, textuur (zand-, silt-, kleifractie), de zuurgraad (pH), het klei-humuscomplex en de bezetting hiervan bepaald. Hiernaast is de directe beschikbaarheid en de potentieel beschikbare reserves van de verschillende macro -en mesonutriënten bepaald (N, K, Ca, Mg, Na en S). Om de fosfaattoestand van de bodem te karakteriseren zijn de volgende parameters bepaald:

- de directe fosfaatbeschikbaarheid (P-$CaCl_2$, ofwel P geëxtraheerd met 0.01 M $CaCl_2$). Hiermee wordt een P-fractie verkregen die goed vergelijkbaar is met de P-concentratie in het bodemvocht;
- de P voorraad die reversibel is gebonden aan de bodem en relatief gemakkelijk beschikbaar komt (P-AL, ofwel P geëxtraheerd met ammoniumlactaat azijnzuur)
- de totaal gebonden P voorraad (P-ox, ofwel P geëxtraheerd met ammoniumoxalaat-oxaalzuur);
- een maat voor het oppervlak in de bodem wat gemakkelijk P bindt (Fe-ox + Al-ox; ofwel Fe en Al geëxtraheerd met ammoniumoxalaat-oxaalzuur);
- een maat voor hoe sterk de totaal beschikbare fosfaat gebonden zit in de bodem (de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) welke wordt berekend door de verhouding tussen P-ox en de totale bindingscapaciteit die geschat wordt als de helft van de hoeveelheid (Fe+Al)-oxiden.

De relatie tussen de uiteenlopende fosfaatparameters en fosfaatbeschikbaarheid in de bodem is in Figuur 2-3 schematisch toegelicht.



Figuur 2-3: Schematische weergave van fosfaat in de bodem

Figuur 2-3 geeft schematisch weer dat fosfaat in meerdere vormen in de bodem aanwezig is. Een klein deel is direct beschikbaar voor het gewas en kan worden opgenomen (rechterpunt van de driehoek, wordt ook P intensiteit genoemd). Deze vorm van fosfaat kan goed worden bepaald met een $CaCl_2$-extractie. Dit direct beschikbare deel van fosfaat wordt gebufferd door het reversibel gebonden fosfaat (middenstuk van de driehoek). Dit fosfaat wordt beschikbaar wanneer fosfaat aan de bodem wordt onttrokken en wordt ook P kwantiteit genoemd. Een goede maat voor het reversibel gebonden, beschikbaar fosfaat is P gemeten met een ammoniumlactaat-azijnzuur extractie (P-AL). Deze vorm van fosfaat wordt gebufferd door een nog sterkere vastgelegde vorm van fosfaat (linkerkant van de driehoek). Dit fosfaat komt langzaam vrij omdat het sterk is gebonden in en aan ijzer- en aluminium (hydr-)oxiden en is vastgelegd in organische stof en P-houdende mineralen. Deze vorm van fosfaat kan worden gemeten middels een oxalaat-extractie (P-ox). Middels deze oxalaatextractie wordt ook inzicht

verkregen in de bindingscapaciteit van de bodem voor fosfaat in de vorm van ijzer- en aluminium (hydr-)oxiden ((Fe+Al)-ox). De verhouding tussen de totaal beschikbare reserves en de bindingscapaciteit (de fosfaatverzadigingsgraad, FVG) is een maat voor het beschikbaar fosfaat. P-AL en FVG zijn beide representatief voor het beschikbaar P en zijn lokaal sterk aan elkaar gecorreleerd. In de praktijk bestaan er veel meer extractiemethoden die elk verschillen in de mate waarin gebonden fosfaat wordt geëxtraheerd (bijvoorbeeld Pw, P-Olsen die tussen P-$CaCl_2$ en P-AL in zitten).

Fosfaat in relatie tot natuurontwikkeling

Voor de ontwikkeling van natuur- en vegetatietype is de P beschikbaarheid een realistischer en nauwkeuriger indicator dan de totale P reserves in de bodem. In dit onderzoek zijn zowel P-AL als de fosfaatverzadiginsgraad (FVG) indicatoren voor de P beschikbaarheid waarmee wordt aangesloten bij de referentiewaardes zowel die intern door het NMI zijn bepaald en die ook aansluiten bij de referentiewaarden zoals ontwikkelend door Wageningen Universiteit & Research en anderen (o.a. Timmermans & van Eekeren, 2016; van Delft, 2013; van Delft et al., 2014; Postma et al., 2015). Hoewel informatief, is de FVG geen directe metingen van de P-beschikbaarheid omdat deze wordt berekend uit P-ox, Fe-ox en Al-ox. P-AL daarentegen geeft wel een directe maat voor beschikbaar P. P-AL en FVG zijn binnen een gebied vaak aan elkaar gerelateerd. De streefwaarden zijn opgenomen in Tabel 2-1. Voor de beoordelingen worden de afzonderlijke beoordelingen op basis van P-AL en FVG gemiddeld en naar beneden afgerond. Als bijvoorbeeld op basis van FVG de uitgangssituatie optimaal is voor voedselarme vegetaties (FVG <12 bij zandgrond) en op basis van P-AL optimaal voor voedselarme vegetaties (P-AL tussen de 10-18) dan wordt de beoordeling "Optimaal voedselarm" (klasse A).

Tabel 2-1 Streefwaarden P-AL en FVG voor potentiële natuurontwikkeling

Klasse	Classificering fosfaattoestand van de bodem voor potentiële natuurontwikkeling	P-AL (mg P2O5 $100g^{-1}$)	FVG zand (%)*	FVG veen (%)*
A	Optimaal voedselarm	<10	<12	<10
B	Optimaal matig voedselrijk	10-18	12-18	10- 15
C	Suboptimaal matig voedselrijk	18-26	18- 26	15-23
D	Optimaal voedselrijk	26-40	26-40	23-36
E	Niet geschikt	> 40	> 40	> 36

**Bij een lage capaciteit van de bodem om fosfaat te binden (< 15 mmol kg-1) leidt het gebruik van de fosfaatverzadigingsgraad tot een overschatting van het beschikbaar fosfaat. In dit geval wordt de fosfaatverzadigingsgraad buiten beschouwing gelaten.*

In het onderzoek zijn de volgende streefwaarden gebruikt:

- Voor de geplande natuurontwikkeling van nat schraalland is de streefwaarde aangehouden voor optimaal voedselarme vegetatie (P-AL <10 mg P_2O_5 100^{-1} en een FosfaatVerzadigingsGraad (FVG) < 12% bij zand.
- Voor de aanleg van waterpartijen is de streefwaarde aangehouden voor suboptimaal matig voedselrijke vegetatie (P-AL tussen de 18 en 26 mg P_2O_5 $100g^{-1}$ en een FVG tussen de 18 en 26% bij zand)
- Voor de beoogde ontwikkeling van kruiden -en faunarijk grasland is de streefwaarde aangehouden voor optimaal voedselrijke vegetatie (P-AL tussen de 26-40mg P_2O_5 $100g^{-1}$ en een FVG tussen de 26 en 40% bij zand)

Wanneer de fosfaattoestand hierboven wordt gemeten dienen er maatregelen genomen te worden om de fosfaattoestand te verlagen (afgraven, plaggen, verschralen of uitmijnen). De maatregelen is afhankelijk van o.a. de fosfaattoestand over de diepte en de tijdsduur waarop de gewenste natuurontwikkeling moet zijn gerealiseerd. Uitgangspunt in dit onderzoek is dat moet worden afgegraven.

3 Resultaten

3.1 Algemene bodemkenmerken

Grondsoort

Op basis van het organische stofklasse en de textuur kan de grondsoort worden gekarakteriseerd (ten Cate et al., 1995). De resultaten van deze classificatie zijn in Figuur 3-1 voor de bouwvoor van de bodem (bovenste 30cm) ruimtelijk weergeven. Op basis van deze indeling varieert de bouwvoor van matig humeus tot humusrijk zand, en varieert het organische stofgehalte van 3 tot 7%.

Figuur 3-1: Ruimtelijke weergave van de bodemclassificatie van de bouwvoor van de bemonsterde percelen (links, cijfer is perceel ID) volgens ten Cate et al. (1995), gezamenlijk met het organische stofgehalte (rechts).

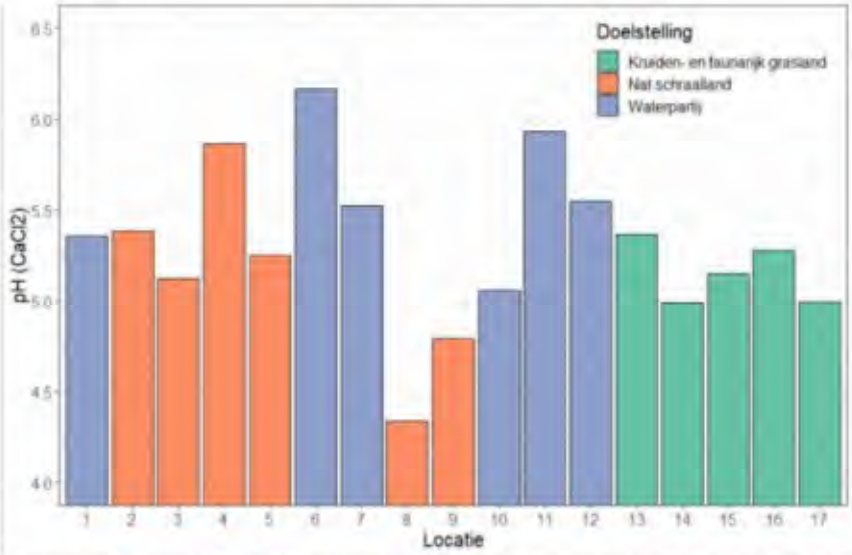
Karakteriserend voor het onderzoeksgebied is de aanwezigheid van een zwarte, matig tot zeer humeuze bovengrond die gelegen is op een zand -of veenondergrond. De zwarte bovengrond is afhankelijk van de locatie 20-70cm dik (zie Figuur S2-2 in Bijlage II). Over het algemeen is de zwarte bovengrond circa 30cm in het deel van het onderzoeksgebied waar de ontwikkeling van nat schraalland en de aanleg van waterpartijen wordt beoogd, en 40-60cm dik in het deel van het onderzoeksgebied waar de ontwikkeling van kruiden -en faunarijk grasland wordt beoogd. Waar de ondergrond bestaat uit zand en veen is opgenomen in Figuur S2-1 (bodemkaart) en Figuur S2-3 (veendiktekaart) in Bijlage II. De samenstelling van de ondergrond is erg heterogeen. Wanneer de zwarte bovengrond wordt afgegraven dient er rekening mee worden gehouden dat de nieuwe bovengrond op enkele delen zal bestaan uit veen en op andere delen uit zand.

Zuurgraad

De zuurgraad van de bodem is bij de ontwikkeling van natuurvegetaties (ook) belangrijk. Voor grasvegetatie op zandgronden geldt een pH(-$CaCl_2$) streefwaarde van 4.8-5.5. In het huidig onderzoek

60271 0059

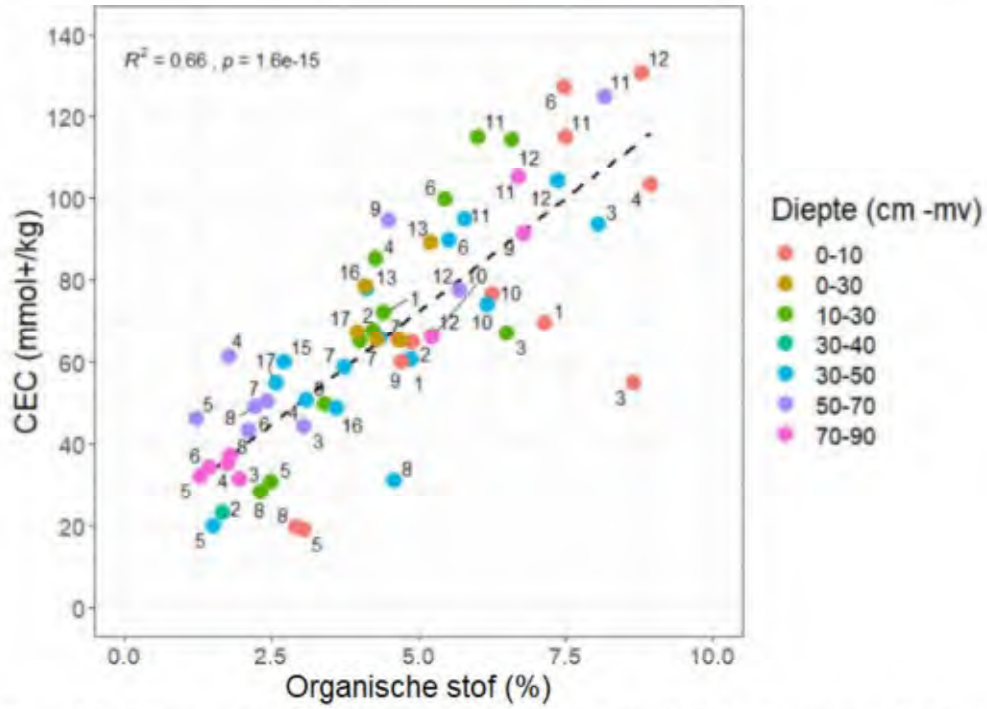
varieert de pH van de bouwvoor van de bodem van 4.3 tot 6.2 (Figuur 3-2). De zuurgraad van de toplaag van de bodem is aan de lage kant bij monsternamelocaties 8 (pH = 4.3) en 9 (pH = 4.8). Wanneer er niet zou worden afgegraven zou in deze hoek idealiter de zuurgraad verhoogd worden door middel van bekalking.



Figuur 3-2 Zuurgraad van de bouwvoor van de bodem, gemeten als pH-$CaCl_2$. De Y-as is aangepast naar een bereik van 4-6.5

Klei-humuscomplex en zuurbuffering

De bodemvruchtbaarheid van een bodem wordt vaak gekarakteriseerd door de grootte van het klei-humuscomplex (CEC) en het daaruit volgende vermogen van de bodem om kationen te binden is. Gezien het lage kleigehalte van de zandgronden in het huidig onderzoeksgebied wordt de CEC bepaald door het organische stofgehalte (Figuur 3-3). Door het historische agrarisch management is het organische stofgehalte in de toplaag van de bodem - en daardoor ook de CEC – verhoogd door de aanvoer van organische mest, de hoge productie en het achterblijven van gewasresten.



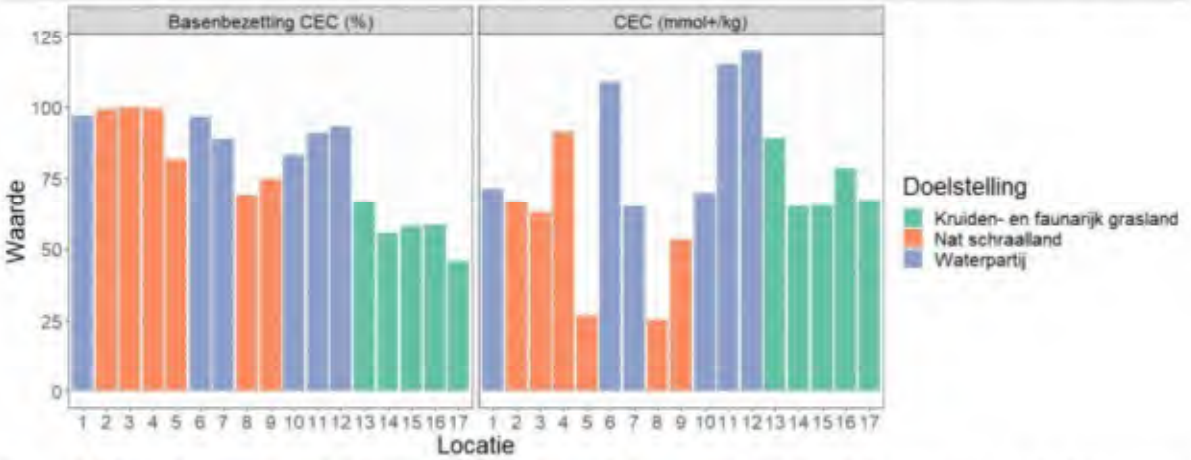
Figuur 3-3: Klei-humus-complex (CEC) versus het organische stofgehalte. Het getal geeft de monsternamelocatie aan.

60271 0059

Naast het vermogen van de bodem om kationen te binden is ook de bezetting van de CEC met basische kationen relevant. Gezamenlijk geeft dit een beeld van het zuurbufferend vermogen van de bodem. De waarden van het klei-humuscomplex zijn voor de bouwvoor (bovenste 30cm van de bodem) gezamenlijk met de basenbezetting in Figuur 3-4 weergeven (links de basenbezetting van de CEC, rechts het vermogen van de bodem om kationen te binden). Hieruit blijkt dat het vermogen van de bouwvoor om de zuurgraad te bufferen het laagst is op de volgende locaties:

- Op de hoek van de Eeuwelsedijk en de Heijerdijk (locaties 5 en 8). Het vermogen van de bouwvoor om kationen te binden is hier het laagst door lage organische stofgehalten (Figuur 3-4, rechts) zonder dat dit gepaard gaat met een verhoogde basenbezetting (Figuur 3-4, links)
- Het deel van de onderzoekslocatie waar de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland wordt beoogd (locaties 13 t/m 17). Hier is de basenbezetting van de CEC het laagst (Figuur 3-4, links) terwijl het vermogen van de bodems om kationen te binden niet sterk verschilt van het overig deel van de onderzoekslocatie (Figuur 3-4, rechts).

De zuurgraad zal naar verwachting op deze locaties (5 en 8 en 13 t/m 17) het snelst dalen. Dit versterkt het advies om op het perceel op de hoek van de Eeuwelsedijk en de Heijerdijk (locatie 8) te bekalken wanneer er niet zou worden afgegraven. Op dit perceel is de zuurgraad van de bouwvoor lager dan de streefwaarde (pH = 4.3 met een streefwaarde van 4.8-5.5) en is het zuurbufferend vermogen laag.



Figuur 3-4 Basenbezetting van het klei-humus-complex in de bouwvoor (links) en het vermogen van de bouwvoor om kationen te binden (klei-humuscomplex, rechts).

3.2 Fosfaattoestand

In het huidig herontwikkelingsplan worden drie verschillende natuurdoelstellingen beoogd; ontwikkeling van nat schraalland (locaties 2 t/m 5, 8, 9), aanleg waterpartijen (locaties 1, 6, 7 10 t/m 12) en ontwikkeling kruiden- en faunarijk grasland (locaties 13 t/m 17). De consequenties van de fosfaatverzadiging van de bodem op de beoogde natuurontwikkeling is per natuurdoelstelling beschreven.

Ontwikkeling van nat schraalland

De resultaten van de fosfaattoestand van de locaties waar nat schraalland wordt beoogd (groen gemarkeerd in Figuur 3-5) zijn gepresenteerd in Tabel 3-3. De fosfaattoestand van de bodem is gekarakteriseerd op basis van het beschikbaar P dat reversibel is gebonden aan bodemdeeltjes (P-AL) en de mate waarin de fosfaat bindingscapaciteit van de bodem is bezet met fosfaat (fosfaatverzadigingsgraad, FVG). Wanneer de cel in de tabel groen is gekleurd is de fosfaattoestand

binnen de streefwaarde voor de beoogde natuurontwikkeling. De fosfaattoestand is te hoog wanneer de cel geel, licht oranje, donker oranje of rood is gekleurd (respectievelijk 1, 2, 3 en 4 klassen boven de streefwaarde).

Figuur 3-5: locaties waar de ontwikkeling van nat schraalland wordt beoogd (groen gekleurde vlakken).

Tabel 3-1: Fosfaatklasse van de bemonsterde bodemlagen gekarakteriseerd met de reversibel gebonden P voorraad (P-AL) en de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG). Groen = binnen de streefwaarde, geel = 1 klasse boven de streefwaarde, licht oranje = 2 klassen boven de streefwaarde, donker oranje = 3 klassen boven de streefwaarde, rood = 4 klassen boven de streefwaarde

Locatie	PAL (mg P_2O_5 100g^{-1})					FVG (%)					Fosfaatklasse				
	0-10	10-30	30-50	50-70	70-90	0-10	10-30	30-50	50-70	70-90	0-10	10-30	30-50	50-70	70-90
2	15	28	9	-	-	38	41	30	-	-	B*	D	A*	-	-
3	28	26	17	4	2	32	29	22	16	18	D	D	B	A*	A*
4	20	40	20	11	11	42	47	29	23	15	D	D	C*	B*	B
5	35	34	31	20	14	57	55	60	67	55	D	D	D*	C*	B*
8	45	59	52	47	30	61	64	68	62	65	E	E	E	E	D*
9	30	33	14	33	10	32	31	18	31	22	D	D	B	D	B

**De maximale adsorptiecapaciteit is <15 mmol kg^{-1}. De fosfaatverzadigingsgraad is voor het bepalen van de fosfaatklasse buiten beschouwing gelaten*

Op alle percelen waar de ontwikkeling van nat schraalland wordt beoogd is de fosfaattoestand van de bouwvoor (bovenste 30cm) te hoog (Tabel 3-1). In het meest zuidwestelijk deel van de onderzoekslocatie is de fosfaattoestand vanaf 30cm -mv (locatie 2) of vanaf 50cm -mv (locatie 3) geschikt voor de potentiële ontwikkeling van nat schraalland. Op de overige, noordoostelijke locaties is de fosfaattoestand tot in ieder geval 90cm -mv te hoog voor de ontwikkeling van nat schraalland. Opvallend is de hoge fosfaattoestand op het perceel gelegen aan de hoek van de Eeuwelsedijk en de Heijerdijk (locatie 8). Hier is de fosfaattoestand in de bovenste 70cm van de bodem ongeschikt voor natuurontwikkeling en pas op een diepte van 70-90cm -mv optimaal voor de ontwikkeling van

60271 0059

voedselrijke vegetatie. Aan wordt bevolen de natuurdoelstelling aan te passen naar de ontwikkeling van zeer voedselrijke vegetatie (bijvoorbeeld bos).

Aanleg van waterpartijen

De locaties waar de aanleg van twee waterpartijen wordt beoogd is in Figuur 3-6 weergeven. De resultaten van de fosfaattoestand van de bodem zijn gepresenteerd in Tabel 3-2. Voor de locatie waar de kleine waterpartij wordt beoogd (locatie 1 in Figuur 3-6) is fosfaat geen belemmering voor de aanleg (Tabel 3-2). Voor de locaties waar de grote waterpartij wordt beoogd is de fosfaattoestand van de bovenste 30cm in het noordoostelijk deel (locaties 10 en 11) en van de bovenste 50cm in het zuidwestelijk deel (locaties 6 en 7) te hoog en is het risico op fosfaatmobilisatie na vernatting groot. Een uitzondering is locatie 12, waar fosfaat geen belemmering vormt voor de aanleg van de waterpartij.

Figuur 3-6: locaties waar de ontwikkeling van waterpartijen wordt beoogd (groen gekleurde vlakken).

Tabel 3-2: Fosfaatklasse van de bemonsterde bodemlagen gekarakteriseerd met de reversibel gebonden P voorraad (P-AL) en de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG). Groen = binnen de streefwaarde, geel = 1 klasse boven de streefwaarde, licht oranje = 2 klassen boven de streefwaarde

Locatie	PAL (mg P_2O_5 100g^{-1})					FVG (%)					Fosfaatklasse				
	0-10	10-30	30-50	50-70	70-90	0-10	10-30	30-50	50-70	70-90	0-10	10-30	30-50	50-70	70-90
1	8	14	11			32	32	23			A*	B*	B*	-	-
6	19	32	37	24	4**	30	39	34	42	29**	C	D	D	C*	A*
7	37	51	45	16	4**	44	51	46	29	29**	D	E	E	B*	A*
10	36	36	23	2	3	32	33	24	9	10	D	D	C	A	A
11	27	55	19	25	21	30	36	20	21	19	D	D	C	C	C
12	22	21	14	10	6	25	24	18	19	19	C	C	B	B	B

**De maximale adsorptiecapaciteit is <15 mmol kg^{-1}. De fosfaatverzadigingsgraad is voor het bepalen van de fosfaatklasse buiten beschouwing gelaten*

*** De ondergrond bestaat hier uit zand en lokaal (zandig) veen. De zandlaag is bemonsterd.*

Ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland

De locaties waar de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland wordt beoogd is in Figuur 3-7 weergeven. De resultaten van de fosfaattoestand van de bodem zijn gepresenteerd in Tabel 3-3. Met uitzondering van locatie 15 is de fosfaattoestand van de bovenste 30cm van de bodem te classificeren als voedselrijk. Dit is geen belemmering voor de beoogde ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland. Door verschralingsbeheer, gericht op maaien en afvoeren, zal de bodem over de tijd schraler worden. Positief hierbij is dat de fosfaattoestand (deels fors) lager is in de bodemlaag net onder de humusrijke toplaag (30-50cm-mv). Naar verwachting is de ontwikkeling van schralere, matig voedselrijke vegetatie (zoals vochtig hooiland) mogelijk wanneer er 30cm wordt afgegraven. Een uitzondering is locatie 13, waar na het afgraven van 30cm de fosfaatverzadiging nog te verrijkt is voor het ontwikkelen van schalere vegetaties.

Figuur 3-7 locaties waar de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland wordt beoogd (groen gekleurde vlakken).

Tabel 3-3: Fosfaatklasse van de bemonsterde bodemlagen gekarakteriseerd met de reversibel gebonden P voorraad (P-AL) en de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG). Groen = binnen de streefwaarde

Locatie	PAL (mg P_2O_5 100g^{-1})		FVG (%)		Fosfaatklasse	
	0-30	30-50	0-30	30-50	0-30	30-50
13	29	22	30	24	D	C
14	26	17	27	21	D	B
15	22	8	29	15	C	A
16	31	11	31	17	D	B
17	43	11	38	15	D	B

Verschillen in de fosfaat bindingscapaciteit

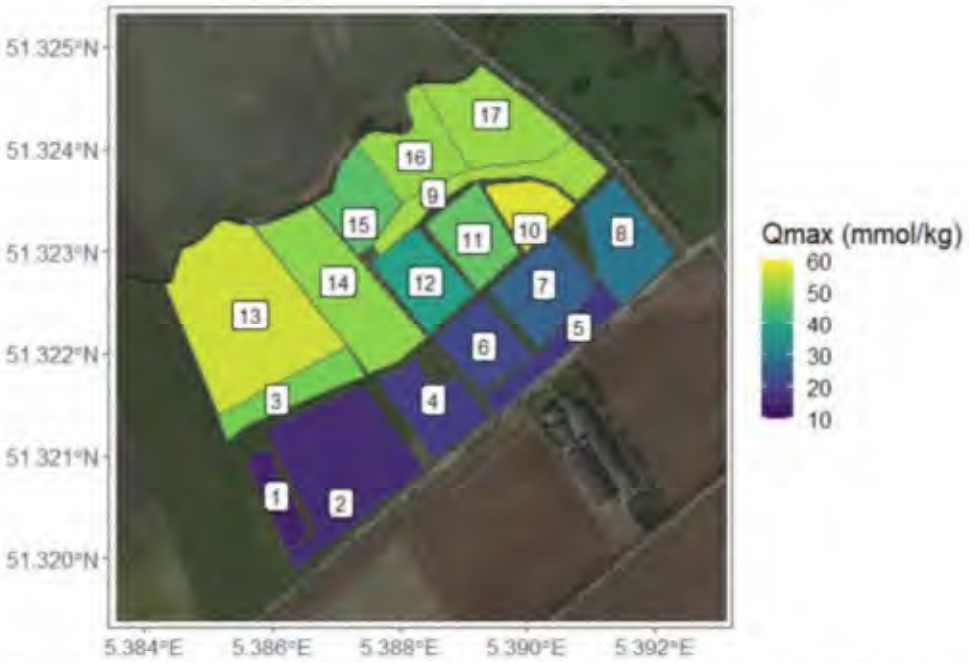
Wat betreft de maximale bindingscapaciteit van de bodem om fosfaat te binden (Qmax) bestaat er een tweedeling in het gebied waarbij de bindingscapaciteit lager is ten zuidwesten van de landbouwsloot en hoger ten noordoosten (Figuur 3-8). Ten noordoosten van de sloot – richting de Keersop - zijn de

60271 0059

gehalten aan ijzer -en aluminium(hydr)oxiden in de bovengrond hoger dan in het zuidwesten, waardoor de bodems in het noorden potentieel meer fosfaat kunnen binden. Een mogelijke verklaring is dat richting de Keersop de bodems veniger zijn geweest, en dat door veenmineralisatie ijzer -en aluminiumoxiden zijn achtergebleven in de bodem waar fosfaat aan kan binden.

Dit heeft ook effect op de verdeling van fosfaat over het bodemprofiel. Op het noordoostelijke deel, met een relatief hoge bindingscapaciteit, neemt de fosfaattoestand af met de diepte. Op het zuidwestelijke deel met een lage bindingscapaciteit kan enerzijds de bodem makkelijker worden opgeladen met fosfaat (minder P is nodig om de bodem te verzadigen) en anderzijds kan de fosfaattoestand ook makkelijker dalen. Bij een lage bindingscapaciteit van de bodem wordt daarom op voormalige landbouwgronden vaak een lagere fosfaattoestand in de toplaag van de bodem gevonden en een uitloging naar dieper in het bodemprofiel. Ook in het zuidwestelijke deel van het onderzoeksgebied is de fosfaattoestand van de bodem lokaal tot diep (sterk) verrijkt met fosfaat en is de fosfaattoestand net onder de bouwvoor hoger dan in de bouwvoor.

Opvallen is dat in tegenstelling tot de (soms zeer) lage bindingscapaciteit in de vorm van ijzer- en aluminium(hydr)oxiden in de ondergrond (>50cm -mv) het kwelwater in de sloten en greppels wel zeer ijzerrijk is.



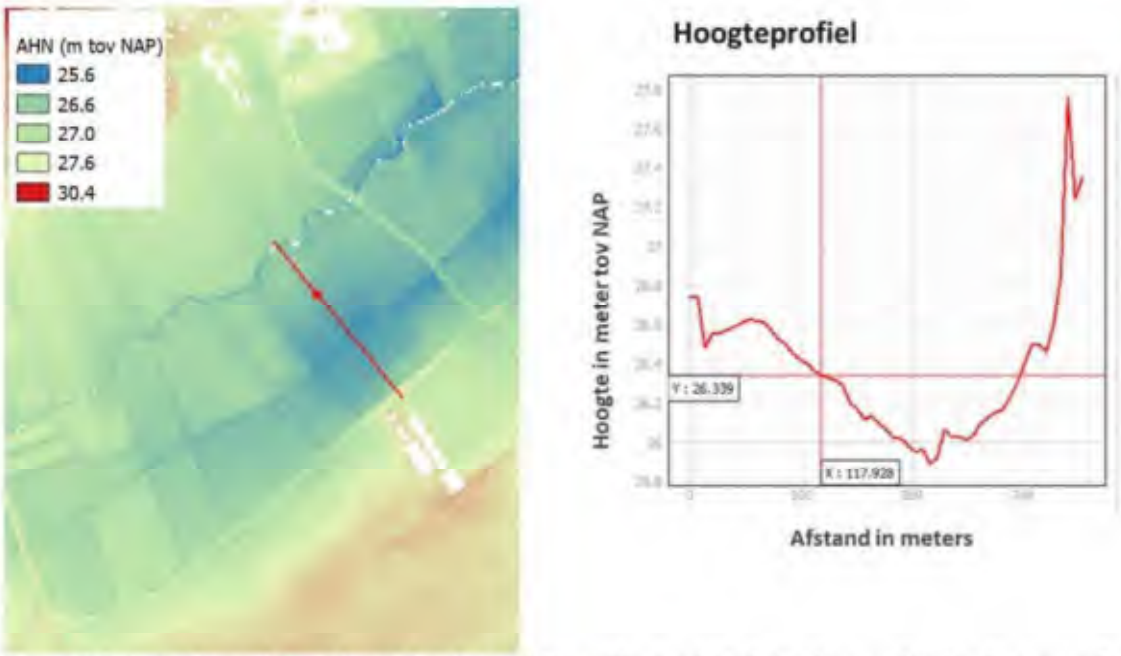
Figuur 3-8 Maximale bindingscapaciteit van de bovenste 30cm van de bodem om fosfaat te binden (Qmax)

3.3 Maaiveldhoogte en hydrologische setting

De hoogtekaart van het gebied (in meter ten opzichte van NAP) is in onderstaande figuur weergeven. Het laagste punt van het gebied komt overeen met de locatie van de beoogde grote waterpartij. Verschillen in grondwatertrap zijn grotendeels aan deze hoogteverschillen te relateren (grondwatertrappenkaart opgenomen in Bijlage II).

Midden door het onderzoeksgebied loopt een landbouwsloot. Het water stroomt vanuit het zuidwesten richting het noordoosten. In het noordoosten ligt een door Staatsbosbeheer ingericht natuurterrein. Vanuit de onderzochte percelen staan greppels dwars op de landbouwsloot. Dit is ook goed op de hoogtekaart te zien (Figuur 3-9).

60271 0059



Figuur 3-9 Hoogtekaart bepaald met het Actueel Hoogtebestand Nederland en rechts het hoogteprofiel van de dwarsdoorsnede van het gebied (rode lijn).

Tussen het hoger gelegen landbouwgebied (ten zuidwesten van de weg) en het onderzoeksgebied zit, een abrupt hoogteverschil van een halve meter. Binnen het onderzoeksgebied neemt vanaf de weg de hoogte met ongeveer een halve meter af tot het laagste deel. Tussen de beek de Keersop en het laagste punt in het onderzoeksgebied zit ook een halve meter hoogteverschil (Figuur 3-9). Omgekeerd van wat verwacht mag worden in een beekdal, neemt de hoogte vanaf de laagte richting de beek toe in plaats van af. De beoogde waterpartij is gelegen in de huidige laagte in het gebied rondom de landbouwsloot die in de huidige situatie het gebied afwatert richting het noorden. Aandachtspunt is dat hydrologische aanpassingen in het onderzoeksgebied ook van invloed kunnen zijn op het reeds ingerichte natuurgebied ten noordoosten van het huidige onderzoeksgebied.

Tijdens het veldwerk is oxidatie van ijzer in landbouwsloten waargenomen (zie foto's in Figuur 3-10). Dit duidt op de aanvoer van ijzerrijke kwel. Het is niet duidelijk waar en hoe diep de ijzerrijke laag in de ondergrond zit die zorgt voor de ijzerrijke kwel in de huidige landbouwsloot. IJzerrijke kwel is gunstig omdat het ijzer samen met het fosfaat neerslaat als slecht oplosbaar ijzerfosfaat.

Figuur 3-10: Voorbeeld van de ijzerrijke landbouwsloot die midden door het onderzoeksgebied stroomt.

4 Inrichtingsmaatregelen

4.1 Hydrologische maatregelen

Beoogd wordt om het onderzoeksgebied te vernatten door de landbouwsloot aan het begin van het onderzoeksgebied (zuiden) af te dammen en om te leiden zodat deze direct op de Keersop afwatert. Bij het afdammen van de landbouwsloot zou de huidige loop van de sloot en de daarop afwaterende greppels binnen het onderzoeksgebied kunnen worden verondiept dan wel worden gedempt.

Voor het inrichtingsplan bestaat al een opzet voor een ontgravingsplan met ontgravingsdieptes (model van Waterschap De Dommel, Figuur 4-1). Hieruit blijkt dat het plan is om tot circa 60cm af te graven in de beoogde grote waterpartij en circa 40cm in de beoogde kleine waterpartij in het zuiden (diepste punten). Verder wordt in het plan voorgesteld 10cm te ontgraven op vrijwel het gehele gebied waar nat schraalland wordt beoogd en wordt voorgesteld om zo goed als niet te ontgraven op het deel van het onderzoeksgebied waar de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland wordt beoogd.

Figuur 4-1: Aangenomen ontgravingsdieptes in het oppervlaktewatermodel van Waterschap De Dommel (Waterschap De Dommel, sd)

De geplande ontgraving heeft op zichzelf staand een drainerende werking. Dit betreft met name de ontgraving van 60cm op het diepste punt (ter plaatse van de beoogde grote waterpartij), wat ertoe leidt dat het diepste punt meer dan een meter onder de Keersop komt te liggen. De drainerende werking wordt beperkt door het vernatten van het onderzoeksgebied en de hogere grondwaterstand waardoor de kweldruk afneemt. De geplande aanleg van een drempel bij de Heijerdijk in combinatie met een

60271 0059

verhoging van het waterpeil tot 25.8m NAP leidt er ook toe dat de drainerende invloed van de ontgraving sterk wordt verminderd (mailwisseling 5.1.2e op 07.05.2021). Vanuit een hydrologisch perspectief is dit gunstig.

Het sterk vernatten van het gebied door de landbouwsloot af te dammen, zonder afgraven en zonder dat het gebied natuurlijk kan afwateren, zal leiden tot fosfaatmobilisatie en daarmee tot eutrofiëring van het watersysteem dat door de hoge fosfaattoestand, op plekken tot diep in het bodemprofiel. De aanvoer van ijzerrijke kwel zorgt voor de binding en immobilisatie van fosfaat. Het is echter onduidelijk wat het effect zal zijn van een verlaagde kweldruk op de kwelsamenstelling en met name op de aanvoer van ijzerrijk kwelwater. De verwachting is dat door eutrofiëring in de lager gelegen delen pitrus zal gaan domineren.

Wanneer in combinatie met het omleiden van de landbouwsloot richting de Keersop, de beoogde waterpartij wordt aangelegd in de huidige laagte in het gebied (zie hoogtekaart in Figuur 3-9) zal tot tenminste 30cm diep in het noordelijk deel en tot tenminste 50cm in het zuidelijk deel moeten worden afgegraven om het risico op fosfaatmobilisatie na vernatting te beperken. Dit wordt door de geplande ontgraving (gradiënt van 20-60cm, zie Figuur 4-1) maar voor een deel bereikt. Geadviseerd wordt om dieper te ontgraven om het risico op fosfaatmobilisatie te beperken. Aandachtspunt is de hoge fosfaattoestand op het meest noordwestelijke deel (locatie 8). Hier is de bodem tot diep (70cm) in het bodemprofiel sterk opgeladen met fosfaat. Dit kan naleveren naar de beoogde waterpartij.

Wat het exacte effect van de geplande maatregelen op de kweldruk en samenstelling hiervan zal zijn, blijft moeilijk in te schatten. Naar verwachting blijft de beoogde grote waterpartij onder invloed van nutriëntrijk water vanuit de landbouw en zal het daarmee geen voedselarme plas worden. Geadviseerd wordt om na te gaan of dit strookt met de beoogde natuurdoelstellingen.

4.2 Fosfaattoestand in relatie tot natuurpotentie en vernatting

In de uitgangssituatie is de voedselrijkdom van de bodem deels niet in overeenstemming met de beoogde natuurdoelstellingen. Aanvullende maatregelen zijn nodig om de fosfaattoestand te verlagen. De opties voor het verlagen van de fosfaattoestand zijn:

- Verschralen: verwijderen van fosfaat door maaien en afvoeren gewasresten
- Uitmijnen: bevorderen gewasgroei door middel van bemesting met alle benodigde nutriënten behalve fosfaat. Hiermee wordt na maaien en afvoeren de fosfaatonttrekking gemaximaliseerd
- Plaggen: verwijderen van de zoden (5-10cm -mv)
- Afgraven: verwijderen van de fosfaatrijke toplaag (diepte afhankelijk van de fosfaattoestand in het bodemprofiel).
- Aanpassen van de beoogde natuurdoelstellingen.

De opties die als meest kansrijk worden gezien zijn per natuurdoelstelling beschreven.

Nat schraalland

Op twee meest zuidwestelijk gelegen percelen (locaties 2 en 3) is het ontwikkelen van nat schraalland mogelijk wanneer er 30-50cm wordt afgegraven (Figuur 4-2). Op de overige locaties is de fosfaatverzadiging tot in ieder geval een diepte van 90cm -mv te hoog voor de ontwikkeling van nat schraalland, en dient de natuurdoelstelling te worden aangepast. Op de percelen ten noorden (9) en zuiden (4 en 5) van de grote beoogde waterpartij is de fosfaattoestand geschikt voor de potentiële ontwikkeling van kruiden -en faunarijk grasland. Voor het noordelijk gelegen perceel (9) geldt dat na het afgraven van 30cm de fosfaattoestand geschikt is voor de potentiële ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie zoals vochtig hooiland (voorgesteld in Figuur 4-2). Voor de zuidelijke percelen (4 en 5) zou 50-70cm moeten worden afgegraven om schralere vegetatie dan kruiden -en faunarijk grasland te ontwikkelen. Op het meest noordoostelijk gelegen perceel (8), op de hoek van de

60271 0059

Eeuwelsedijk en de Heijerdijk, is de fosfaattoestand tot een diepte van 70cm -mv volgens de streefwaarden te hoog voor de ontwikkeling van kruiden -en faunarijk grasland. Het aanpassen van de natuurdoelstelling naar de ontwikkeling van zeer voedselrijke vegetatie (zoals bos) lijkt het meest kansrijk. Hoewel er niet hoeft te worden afgegraven voor de ontwikkeling van bos, wordt aanbevolen om op het perceel 50cm af te graven om het contactoppervlak tussen het perceel en de beoogde waterpartij te verlagen. Het doel hiervan is om de uitspoeling van fosfaat van het perceel naar de waterpartij te beperken.

*Figuur 4-2: Voorgestelde maatregelen die zich richten op het verlagen van de fosfaatverzadiging van de bodem op de locaties waar de ontwikkeling van nat schraalland wordt beoogd. *) afgraven dient hier voor het verlagen van het risico op fosfaatuitspoeling naar de aangrenzende beoogde waterpartij.*

Waterpartijen

Voor de locatie waar de aanleg kleine waterpartij wordt beoogd, vormt fosfaat geen belemmering en zijn geen maatregelen nodig om de fosfaatverzadiging van de bodem te verlagen (Figuur 4-3). Voor de locatie waar de aanleg van de grote waterpartij wordt beoogd, is de fosfaatverzadiging van de bodem tot een diepte van 50cm te hoog in het noorden (10 en 11) en tot een diepte van 30cm in het zuiden (6 en 7) met uitzondering van het meest noordwestelijk gelegen perceel (12). Aanbevolen wordt het risico op fosfaatmobilisatie na vernatting te beperken door tot minstens deze diepten af te graven (Figuur 4-3). Verder grenzen de twee meest oostelijk gelegen percelen aan het perceel met de hoogste fosfaattoestand (perceel 8 op de hoek van de Eeuwelsedijk en de Heijerdijk) waar voorgesteld wordt om bos te ontwikkelen.

Om eutrofiëring van de waterpartij te voorkomen wordt aanbevolen om te zorgen voor een voldoende doorstroom van water van de beoogde waterpartij richting het noordoosten. Om het risico op eutrofiëring van de waterpartij verder te beperken wordt aanbevolen om de invloed van het zeer voedselrijke perceel (nummer 8 op de hoek van de Eeuwseledijk en de Heijerdijk) op de beoogde waterpartij zo klein mogelijk te maken. Vanuit Staatsbosbeheer (5.1.2e) is voorgesteld om het hart van de waterpartij naar het westen te schuiven om het contact met de meest extreem voedselrijke ondergrond te vermijden. Daarnaast is voorgesteld om de afwatering van de waterpartij via een sloot te laten verlopen en deze sloot aan de meest voedselrijke kant van de waterpartij te scheiden met een lage

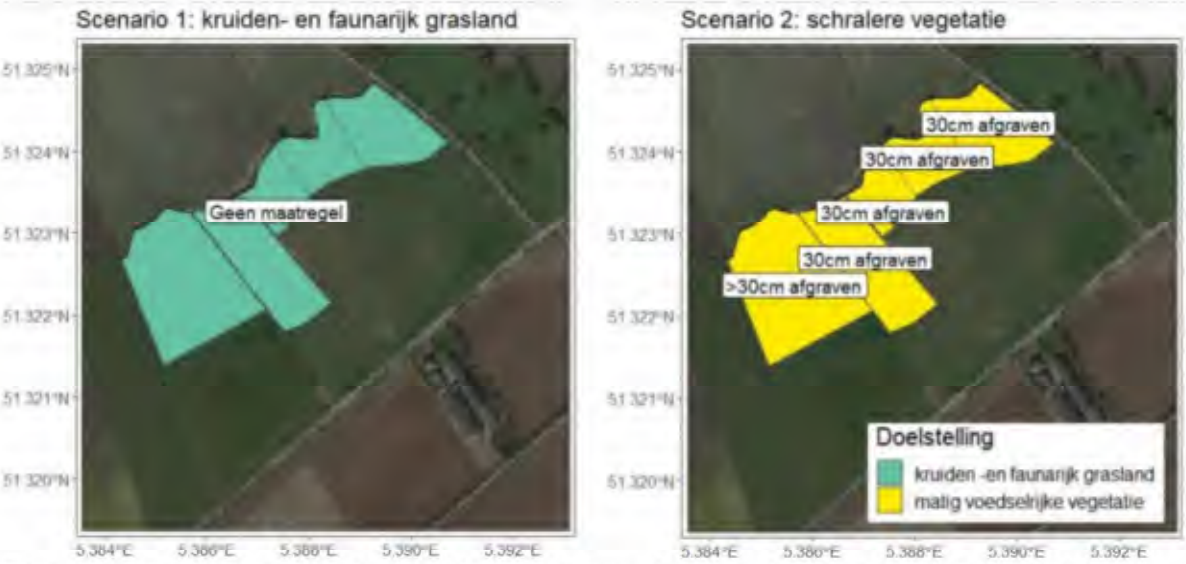
60271 0059

rug tussen waterpartij en sloot. Door de sloot worden de korte, voedselrijke kwelstromen van de fosfaatrijke natuurpercelen, maar ook van de zuidoostelijk gelegen landbouwgronden, afgevangen en direct afgevoerd in (noord)oostelijke richting. Andere inrichtingsmogelijkheden zijn om tenminste 30cm van de (zeer) voedselrijke bodem op locatie 8 af te graven en op het natte grensvlak van het perceel en de waterpartij vegetatie te ontwikkelen met het doel om fosfaat wat van het perceel naar de waterpartij uitspoelt op te nemen en af te voeren (zoals riet).

Figuur 4-3: Minimale ontgravingsdieptes voor het beperken van het risico op fosfaatmobilisatie na vernatting bij de beoogde aanleg van de waterpartijen.

Kruiden -en faunarijk grasland

Voor het noordoostelijk deel van het onderzoek, waar de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland wordt beoogd, vormt de fosfaatverzadiging van de bovengrond geen probleem voor de potentiële ontwikkeling van kruiden -en faunarijk grasland (Figuur 4-4, links). De potentiële ontwikkeling van

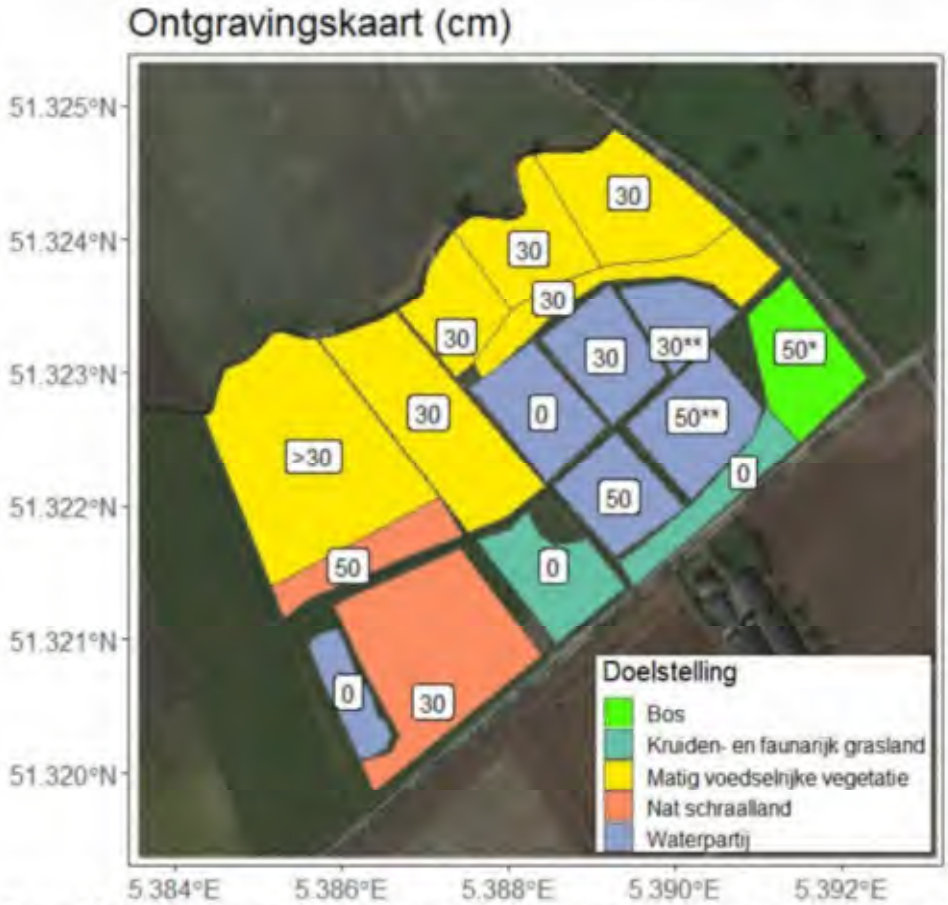


Figuur 4-4 Voorgestelde maatregelen die zich richten op het verlagen van de fosfaatverzadiging van de bodem

schralere, matig voedselrijke vegetatie (zoals vochtig hooiland) is mogelijk wanneer circa 30cm wordt ontgraven (Figuur 4-4, rechts). Een uitzondering is het meest westelijk gelegen perceel, waar de fosfaatverzadiging na 30cm ontgraving nog te hoog is voor de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie (P-AL 22 mg P2O5 $100g^{-1}$ en een FosfaatVerzadigingsGraad van 24% bij streefwaarden van 18). De hogere fosfaatverzadiging ten opzichte van de overige locaties waar de ontwikkeling van kruiden -en faunarijk grasland wordt beoogd komt mede door de hogere capaciteit van het perceel om fosfaat te binden. Hierdoor is er een grotere totale hoeveelheid fosfaat in de bodem aanwezig. Voor de ontwikkeling van schralere vegetatie dient er op deze locatie meer dan 30cm afgegraven te worden.

Gecombineerde ontgravingskaart

Een gecombineerde ontgravingskaart is opgenomen in Figuur 4-5. Hierbij is aangenomen dat ervoor wordt gekozen om ook in het noordelijk/ noordwestelijk deel (tussen Keersop en landbouwsloot) af te graven voor de ontwikkeling van schralere vegetatie dan kruiden -en faunarijk grasland (matig voedselrijke vegetatie zoals vochtig hooiland). Voor de beoogde kleine waterpartij geldt dat er geen afgraving nodig is voor het verlagen van de fosfaattoestand maar dat er waarschijnlijk circa 40cm zal worden afgegraven voor het creëren van de waterpartij (Figuur 4-5).



*Figuur 4-5: Aangepaste natuurdoelstellingen met de corresponderende afgravingsdieptes. *) De fosfaattoestand is op dit perceel het hoogst. De voorgestelde ontgraving dient voor het reduceren van het risico op fosfaatuitspoeling naar de beoogde grote waterpartij. **) deze percelen grenzen aan het perceel met de hoogste fosfaattoestand. Aanbevolen wordt om naast ontgraven vegetatie te ontwikkelen met het doel om fosfaat op te nemen en af te voeren (buffer).*

4.3 Richting een inrichtingsplan

De resultaten van het bodemonderzoek zijn besproken met Staatsbosbeheer (24 september 2021, vanuit Staatsbosbeheer waren 5.1.2e 5.1.2e 5.1.2e en 5.1.2e aanwezig). Afweging bij de inrichting is enerzijds om de potentie van een gebied optimaal te benutten maar anderzijds ook om een plan te maken dat praktisch haalbaar en te beheren is.

De vertaling van de resultaten en adviezen uit het bodemonderzoek naar een inrichtingsplan en een daaruit volgend ontgravingsdiepte, zoals besproken in het overleg op 24 september, zijn in Figuur 4-6 ruimtelijk weergeven. Hierbij is uitgegaan van een inrichting die van noordoost naar zuidwest overgaat van bos (noordoost) naar waterpartij en kruiden- en faunarijkgrasland (midden) en met een gradiënt overgaat naar matig voedselrijke vegetatie (west) en nat schraalland (zuidwest). Voor het bos en kruiden -en faunarijk grasland zou afgraven niet nodig zijn. De aanleg van een kleine poel in het zuidwesten is vervangen door de ontwikkeling van nat schraalland.

Figuur 4-6 Inrichtingsvoorstel en de daaruit volgende ontgravingsdiepte zoals besproken met opdrachtgever (24 september 2021).

5 Conclusies

Het bodemonderzoek in de Klisserbeemden heeft tot de volgende inzichten geleid:

- De bodem bestaat uit een zwarte, matig tot zeer humusrijke toplaag die gelegen is op een zand -of veenondergrond. De humusrijke toplaag is afhankelijk van de locatie 20-70cm dik.
- In het noordoostelijk deel van het onderzoeksgebied (tussen landbouwsloot en Keersop) wordt de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland beoogd. De fosfaattoestand van de bovenste 30cm is hier te classificeren als voedselrijk. In de uitgangssituatie is de bodem daarmee geschikt voor de ontwikkeling van kruiden -en faunarijk grasland. Het beschikbaar fosfaatgehalte neemt sterk af met de diepte. Wanneer 30cm van de verrijkte toplaag zou worden verwijderd is de fosfaattoestand geschikt voor de potentiële ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie zoals vochtig hooiland. Een uitzondering is het meest westelijk gelegen perceel (monsterlocatie 13) waar na 30cm afgraven de fosfaattoestand nog te hoog is voor matig voedselrijke vegetaties.
- Voor het deel van het onderzoeksgebied waar de ontwikkeling van nat schraalland wordt beoogd (zuidwestelijke deel) is de fosfaatverzadiging van de bovengrond te hoog voor de beoogde natuurontwikkeling. De ontwikkeling van nat schraalland lijkt alleen reëel in het zuidwestelijk deel van het onderzoeksgebied (monsterlocaties 1 en 2), waar de potentiële ontwikkeling van nat schraalland kan worden gerealiseerd door 30-50cm af te graven. Op deze twee locaties na wordt aanbevolen om de natuurdoelstelling aan te passen naar de ontwikkeling van kruiden -en faunarijk grasland voor de locaties 4 en 5 (geen maatregelen nodig), de ontwikkeling van matig voedselrijke vegetatie zoals vochtig hooiland op locatie 9 (ten noorden van de beoogde waterpartij, na 30cm afgraving) en de ontwikkeling van zeer voedselrijk bos op het perceel op de hoek van de Eeuwelsedijk en de Heijerdijk (locatie 8).
- Op de locatie waar de kleine waterpartij (monsterlocatie 1) wordt beoogd zijn geen maatregelen nodig om de fosfaatverzadiging van de bodem te verlagen.
- Voor het deel van het onderzoeksgebied waar de grote waterpartij wordt beoogd is er een risico op fosfaatmobilisatie na vernatting. Geadviseerd wordt om dit risico te beperken door tenminste 30cm in het noordelijk deel (locaties 10 en 11) en tenminste 50cm in het zuidelijk deel (locaties 6 en 7) af te graven. Een uitzondering is het meest noordwestelijk gelegen perceel (locatie 12) waar de fosfaatverzadiging van de bodem laag is. Hier hoeft niet ontgraven te worden om het risico op fosfaatmobilisatie na vernatting te verlagen (maar wel voor het creëren van de waterpartij).
- Aanbevolen wordt om de grote waterpartij voldoende door te laten stromen om het risico op eutrofiëring te beperken.
- De fosfaattoestand is het hoogst op het perceel op de hoek van de Eeuwselsedijk en de Heijerdijk (locatie 8). Dit perceel leent zich het beste voor de aanplant van bos. Dit perceel grenst aan de beoogde grote waterpartij. Maatregelen zouden getroffen moeten worden om het risico op fosfaatuitspoeling van dit perceel naar de waterpartij te verlagen. Vanuit Staatsbosbeheer (5.1.2e) is voorgesteld om het hart van de waterpartij naar het westen te schuiven om het contact met de meest extreem voedselrijke ondergrond te vermijden. Daarnaast is voorgesteld

60271 0059

om de afwatering van de waterpartij via een sloot te laten verlopen en deze sloot aan de meest voedselrijke kant van de waterpartij te scheiden met een lage rug tussen waterpartij en sloot. Door de sloot worden de korte, voedselrijke kwelstromen van de fosfaatrijke natuurpercelen, maar ook van de zuidoostelijk gelegen landbouwgronden, afgevangen en direct afgevoerd in (noord)oostelijke richting. Andere inrichtingsmogelijkheden zijn om tenminste 30cm van de (zeer) voedselrijke bodem op locatie 8 af te graven en op het natte grensvlak van het perceel en de waterpartij vegetatie te ontwikkelen met het doel om fosfaat wat van het perceel naar de waterpartij uitspoelt op te nemen en af te voeren (zoals riet).

- Afgraven, onder andere voor het realiseren van de beoogde grote waterpartij in de laagte van het gebied, kan op zichzelf gevolgen hebben voor de hydrologische setting van het gebied en leiden tot een verhoogde kweldruk uit de hoger gelegen landbouwpercelen en de met fosfaat verrijkte omliggende percelen. In het huidig plan wordt de drainerende werking van ontgraving deels gecompenseerd met de aanleg van een stuw bij de Heijerdijk in combinatie met peilopzet. Geadviseerd wordt om dit in het plan te behouden.

Literatuur

BIJ12. (2021, Mei 4). *N10.01 Nat schraalland*. Opgehaald van BIJ12: https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/index-natuur-en-landschap/natuurtypen/n10-vochtige-schraalgraslanden/n10-01-nat-schraalland/

Postma, R., Rotterdam, D. v., Hut, H., Warners, H., Blaauw, R., Schepers, A., . . . Haas, M. d. (2015). *Fosfaatuitmijning voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond in Drenthe; Eindrapport 2010 - 2014*. Wageningen: NMI.

Schelfhout, S., Mertens, J., Perring, M. P., Raman, M., Baeten, L., Demey, A., . . . Schrijver, A. d. (2017). P-removal for restoration of Nardus grasslands on former agricultural land: cutting traditions. *Restoration Ecology, 25(2)*, S178-S187. doi:doi.org/10.1111/rec.12531

Schippers, W., Bax, I., & Gardenier, M. (2012). *Ontwikkelen van kruidenrijk grasland*. Lunteren: Drukkerij AMV.

ten Cate, J., van Holst, A., Kleijter, H., & Stolp, J. (1995). *Handleiding bodemgeografisch onderzoek - Richtlijnen en voorschriften deel A: Bodem*. Wageningen: DLO-Staring Centrum.

Thyssen, G. (2016). *Bodemkundig- en hydrologisch onderzoek in het beekdal van de Keersop*. Provincie Noord-Brabant.

Timmermans, B., & van Eekeren, N. (2016). Phytoextraction of Soil Phosphorus by Potassium-Fertilized Grass-Clover Swards. *Journal of Environmental Quality*, 701-708.

van Delft, S. (2013). *Natuurpotentie in graslanden bij Muggenbeet en Duinigermeer*. Wageningen: Alterra.

van Delft, S., Maas, G., & Brouwer, F. (2014). *Fosfaatonderzoek Noorderpark*. Wageningen: Alterra.

van Mullekom, M., Smolders, F., & Timmermans, B. (2014). *Van landbouw naar natuur*. B-WARE en het Louis Bolk Instituut.

van Rotterdam, D., & Postma, R. (2019). *Fosfaatonderzoek Wieden en Weerribben*. Wageningen: NMI.

Waterschap De Dommel. (sd). Modelresultaten Klisserbeemden (powerpoint presentatie).

Bijlage I: Regionale ligging van de onderzoekslocatie

Figuur S1-1: Regionale ligging van de onderzoekslocatie. Het getal in de label in de overzichtskaart (linksboven) geeft de monsternamelocatie aan

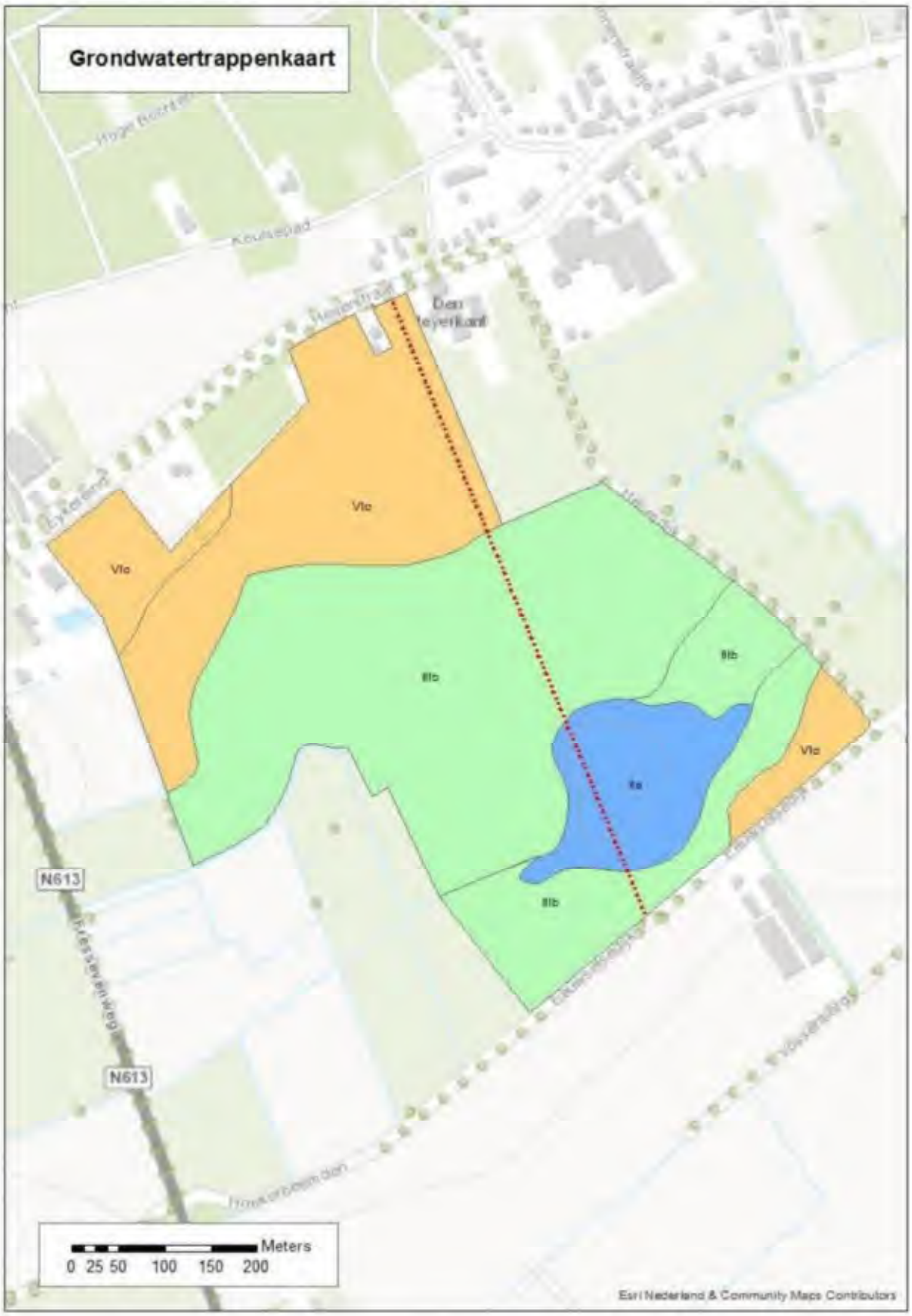
60271 0059

Bijlage II: Resultaten bodemonderzoek Thyssen, 2016

Figuur S2-1: Bodemkaart

Figuur S2-2: Dikte van de zwarte bovengrond (cm) op boorpuntniveau

Figuur S2-3: Dikte en diepte van het veen (cm -mv) op boorpuntniveau



Figuur S2-4: Grondwatertrappenkaart

Bijlage III: Resultaten bodemanalyses

Textuur

Tabel S3-1: Textuur (klei, zand -en siltfractie) van de bemonsterde bodemlagen op de locaties waar de ontwikkeling van nat schraalland of de aanleg van waterpartijen wordt beoogd

Locatie	Klei (%)					Zand (%)					Silt (%)				
Diepte (cm-mv)	**0-10**	**10-30**	**30-50**	**50-70**	**70-90**	**0-10**	**10-30**	**30-50**	**50-70**	**70-90**	**0-10**	**10-30**	**30-50**	**50-70**	**70-90**
1	3	4	3	-	-	77	78	79	-	-	13	14	13	-	-
2	4	4	6	-	-	74	76	83	-	-	18	16	9	-	-
3	5	5	5	6	6	70	71	71	71	79	16	17	15	21	13
4	4	3	4	5	6	72	78	80	82	83	14	14	13	11	10
5	3	3	4	3	3	83	78	82	80	79	11	17	13	16	18
6	4	3	4	5	4*	76	78	75	83	80*	11	12	16	10	15*
7	3	3	5	6	4*	78	76	77	87	80*	14	16	14	6	15*
8	3	4	4	5	4	79	79	74	76	78	15	15	17	18	17
9	5	4		4	6	73	72		76	72	17	21		15	16
10	5	5	5	4	6	74	72	74	54	57	15	18	14	19	21
11	5	5	6	5	5	70	72	72	70	71	16	17	17	16	17
12	5	4	6	5	4	70	73	70	76	80	16	16	16	13	11

**De ondergrond bestaat uit zand en lokaal (zandig) veen. De zandlaag is bemonsterd.*

Tabel S3-2: Textuur (klei, zand -en siltfractie) van de bemonsterde bodemlagen op de locaties waar de ontwikkeling van kruiden -en faunarijk grasland wordt beoogd

Locatie	Klei (%)		Zand (%)		Silt (%)	
Diepte (cm-mv)	**0-30**	**30-50**	**0-30**	**30-50**	**0-30**	**30-50**
13	4	5	75	72	15	18
14	4	5	73	74	18	16
15	5	6	71	70	20	22
16	5	6	75	74	16	16
17	4	5	76	70	16	22

Organische stof en zuurgraad (pH)

Tabel S3-3:Organische stof (%) en zuurgraad (pH-$CaCl_2$) van de bemonsterde bodemlagen op de locaties waar de ontwikkeling van nat schraalland of de aanleg van waterpartijen wordt beoogd

Locatie	Organische stof (%)					Zuurgraad (pH-$CaCl_2$)				
Diepte (cm-mv)	**0-10**	**10-30**	**30-50**	**50-70**	**70-90**	**0-10**	**10-30**	**30-50**	**50-70**	**70-90**
1	7.2	4.4	4.9	-	-	5.0	5.5	5.6	-	-
2	4.9	4.2	1.7	-	-	5.2	5.5	5.7	-	-
3	8.7	6.5	8.1	3.1	2.0	5.0	5.2	5.4	5.6	5.6
4	8.9	4.3	3.1	1.8	1.8	5.2	6.2	6.1	5.8	5.8
5	3.0	2.5	1.5	1.2	1.3	4.6	5.6	5.1	5.8	5.8

60271 0059

6	7.5	5.4	5.5	2.1	1.4*	5.9	6.3	6.0	6.3	6.3*
7	4.7	4.0	3.7	2.4	1.4*	5.5	5.5	5.6	5.8	6.3*
8	2.9	2.3	4.6	2.2	1.8	4.5	4.3	4.7	5.3	6.0
9	4.7	3.4		4.5	6.8	5.0	4.7	5.0	5.7	5.5
10	6.2	5.2	6.2	23.7	18.2	5.1	5.0	5.3	5.3	5.3
11	7.5	6.0	5.8	8.2	6.7	5.8	6.0	5.9	5.9	5.5
12	8.8	6.6	7.4	5.7	5.2	5.5	5.6	5.6	5.5	5.5

**De ondergrond bestaat uit zand en lokaal (zandig) veen. De zandlaag is bemonsterd.*

Tabel S3-4: Organische stof (%) en zuurgraad (pH-$CaCl_2$) van de bemonsterde bodemlagen op de locaties waar de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland wordt beoogd

Locatie	Organische stof (%)		Zuurgraad (pH-$CaCl_2$)	
Diepte (cm-mv)	**0-30**	**30-50**	**0-30**	**30-50**
13	5.2	4.1	5.4	5.7
14	4.7	4.3	5.0	5.3
15	4.3	2.7	5.2	5.9
16	4.1	3.6	5.3	6.0
17	4.0	2.6	5.0	5.5

Klei-humuscomplex (CEC) en de CEC-bezetting met basische kationen

Tabel S3-5: Klei-humuscomplex (CEC) en de bezetting hiervan met basische kationen (Ca, Mg, K en Na) en aluminium (Al) van de bemonsterde bodemlagen op de locaties waar de ontwikkeling van nat schraalland of de aanleg van waterpartijen wordt beoogd

Locatie	CEC (mmol+ kg^{-1})					CEC bezetting met Ca, Mg, K en Na (%)					CEC-bezetting met Al (%)				
Diepte (cm-mv)	0-10	10-30	30-50	50-70	70-90	0-10	10-30	30-50	50-70	70-90	0-10	10-30	30-50	50-70	70-90
1	70	72	61	-	-	99	95	93	-	-	1	0	0	-	-
2	65	68	23	-	-	99	99	92	-	-	1	0	1	-	-
3	55	67	94	44	31	98	99	92	74	56	2	1	1	0	0
4	103	85	51	61	35	100	99	99	82	100	0	0	0	0	0
5	19	31	20	46	32	95	73	75	70	33	5	4	4	0	0
6	127	99	90	43	34*	89	100	100	64	45*	0	0	0	0	0*
7	65	65	59	50	34*	93	87	95	58	45*	0	0	0	0	0*
8	20	28	31	49	37	91	54	65	47	54	9	16	6	1	0
9	60	50	47	94	91	82	71	72	72	68	3	6	3	0	0
10	76	66	74	214	162	86	82	85	74	71	1	2	1	0	0
11	115	115	95	125	105	88	92	91	70	77	0	0	0	0	0
12	131	114	104	77	66	92	94	95	69	64	0	0	0	0	0

**De ondergrond bestaat uit zand en lokaal (zandig) veen. De zandlaag is bemonsterd.*

60271 0059

Tabel S3-6: Klei-humuscomplex (CEC) en de bezetting hiervan met basische kationen (Ca, Mg, K en Na) en aluminium (Al) van de bemonsterde bodemlagen op de locaties waar de ontwikkeling van kruiden -en faunarijk grasland wordt beoogd

Locatie	CEC (mmol+ kg^{-1})		CEC bezetting met Ca, Mg, K en Na (%)		CEC-bezetting met Al (%)	
Diepte (cm-mv)	0-30	30-50	0-30	30-50	0-30	30-50
13	89	78	67	70	0	0
14	65	66	55	62	3	1
15	65	60	58	66	1	0
16	78	49	58	100	1	0
17	67	55	46	57	2	0

Fosfaat

Tabel S3-7: Direct beschikbaar fosfaat (P-$CaCl_2$), reversibel gebonden fosfaat wat gemakkelijk beschikbaar komt (P-AL) en de totaal gebonden fosfaatvoorraad (P-ox) van de bemonsterde bodemlagen op de locaties waar de ontwikkeling van nat schraalland of de aanleg van waterpartijen wordt beoogd

Locatie	P-$CaCl_2$ (mg kg^{-1})					P-AL (mg P_2O_5 $100g^{-1}$)					P-ox (mmol kg^{-1})				
Diepte (cm-mv)	0-10	10-30	30-50	50-70	70-90	0-10	10-30	30-50	50-70	70-90	0-10	10-30	30-50	50-70	70-90
1	2.4	1.5	0.6	-	-	7.5	14.1	10.7	-	-	4.2	4.5	2.7	-	-
2	3.3	1.7	0.4	-	-	15.2	28.1	9.1	-	-	4.8	6.5	1.6	-	-
3	1.6	0.5	0.3	0.3	0.3	28.4	26.1	16.6	5.4	1.8	15	14.5	11.1	2.1	1.1
4	7.2	1.6	0.3	0.5	0.3	20.5	39.6	19.9	10.9	10.6	6.4	8.9	3.8	2.3	2.2
5	2.7	1	1.1	2.7	2.1	34.7	33.5	30.9	20	13.7	12.5	10.2	7.8	4.3	2.8
6	1.7	0.8	0.9	1.5	0.9*	19.4	32.3	37.4	23.5	4.4*	5.5	8.4	8.3	3.2	1.1*
7	1.9	1.5	1.2	0.7	0.9*	36.8	50.9	44.8	16.4	4.4*	11	13.2	10	2.3	1.1*
8	3.6	3.1	2.9	2.4	1.5	44.9	59.4	51.5	46.7	29.5	17.4	19.2	15	11.2	9.6
9	0.6	0.4	0.3	0.6	0.3	30.1	33.2	14.2	32.9	9.8	15.8	16.2	8.8	12	6.2
10	0.7	0.7	0.3	0.4	0.3	36.3	35.7	22.8	1.7	2.9	18.9	19	12	4.7	4.6
11	1	0.7	0.3	0.4	0.3	26.8	55.5	19.1	25.2	20.8	13.3	16.7	9.8	10.3	8.3
12	2.2	0.7	0.3	0.3	0.3	22.4	20.7	14.2	9.5	5.6	9.2	9.3	6.6	5.3	3.7

**De ondergrond bestaat uit zand en lokaal (zandig) veen. De zandlaag is bemonsterd.*

Tabel S3-8: Direct beschikbaar fosfaat (P-$CaCl_2$), reversibel gebonden fosfaat wat gemakkelijk beschikbaar komt (P-AL) en de totaal gebonden fosfaatvoorraad (P-ox) van de bemonsterde bodemlagen op de locaties waar de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland wordt beoogd

Locatie	P-$CaCl_2$ (mg kg^{-1})		P-AL (mg P_2O_5 $100g^{-1}$)		P-ox (mmol kg^{-1})	
Diepte (cm-mv)	0-30	30-50	0-30	30-50	0-30	30-50
13	1.1	0.6	29.4	21.9	16.6	14
14	0.8	0.5	26.3	16.8	13.8	10.6
15	0.7	0.3	22	8	13.2	7.5
16	1	0.3	31.3	10.9	16.2	8.5
17	1.1	0.3	43.1	10.7	19.9	8.4

Fosfaatbindingscapaciteit

60271 0059

Tabel S3-9: Maximale fosfaat bindingscapaciteit (Qmax) en de hoeveelheid ijzer -en aluminiumhydroxiden (Fe-ox en Al-ox) van de bemonsterde bodemlagen op de locaties waar de ontwikkeling van nat schraalland of de aanleg van waterpartijen wordt beoogd

Locatie	Qmax (mmol kg^{-1})					Fe-ox (mmol kg^{-1})					Al-ox (mmol kg^{-1})				
Diepte (cm-mv)	0-10	10-30	30-50	50-70	70-90	0-10	10-30	30-50	50-70	70-90	0-10	10-30	30-50	50-70	70-90
1	13	14	12	-	-	11	11	8	-	-	15	17	15	-	-
2	13	16	5	-	-	14	19	4	-	-	12	13	6	-	-
3	46	49	50	13	6	40	40	39	5	2	53	58	62	21	10
4	15	19	13	10	15	17	24	16	12	24	13	14	10	8	7
5	22	18	13	6	5	24	19	9	2	2	20	18	17	10	8
6	18	21	25	8	4*	22	27	32	3	1*	14	16	17	12	6*
7	25	26	22	8	4*	29	29	23	5	1*	21	22	21	11	6*
8	28	30	22	18	15	29	29	18	14	12	28	31	27	22	18
9	50	53	49	38	28	48	50	49	28	13	52	56	50	49	42
10	59	57	50	51	47	61	58	49	34	16	56	57	52	67	78
11	44	47	49	50	43	50	49	50	50	38	38	44	48	51	48
12	36	38	38	28	20	40	40	43	22	16	32	37	32	34	23

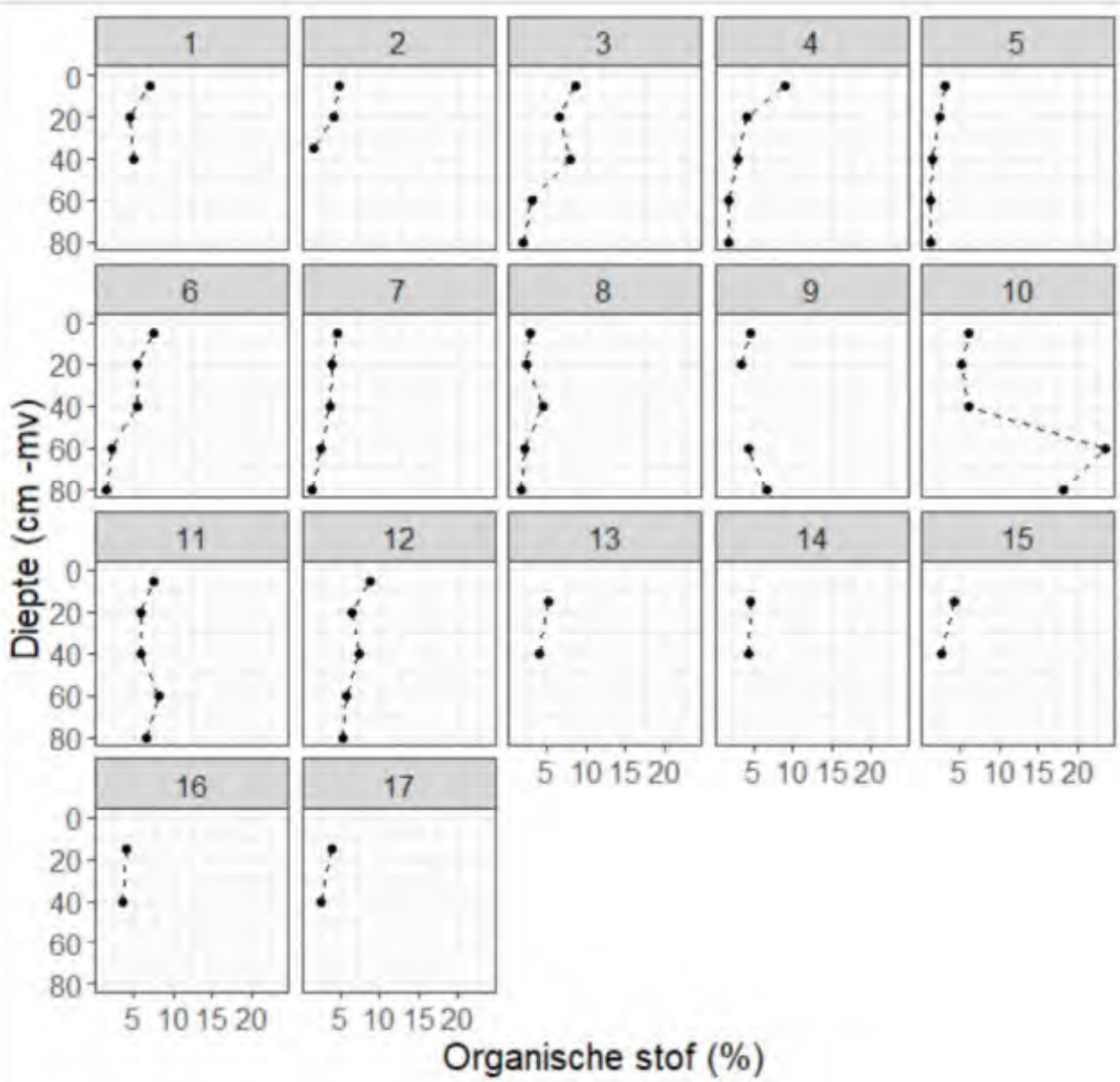
**De ondergrond bestaat uit zand en lokaal (zandig) veen. De zandlaag is bemonsterd.*

Tabel S3-10: Maximale fosfaat bindingscapaciteit (Qmax) en de hoeveelheid ijzer -en aluminiumhydroxiden (Fe-ox en Al-ox) van de bemonsterde bodemlagen op de locaties waar de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland wordt beoogd

Locatie	Qmax (mmol kg^{-1})		Fe-ox (mmol kg^{-1})		Al-ox (mmol kg^{-1})	
Diepte (cm-mv) →	0-30	30-50	0-30	30-50	0-30	30-50
13	56	59	52	55	60	63
14	51	51	46	46	56	57
15	46	49	42	46	49	51
16	52	49	52	50	51	48
17	52	55	47	61	57	49

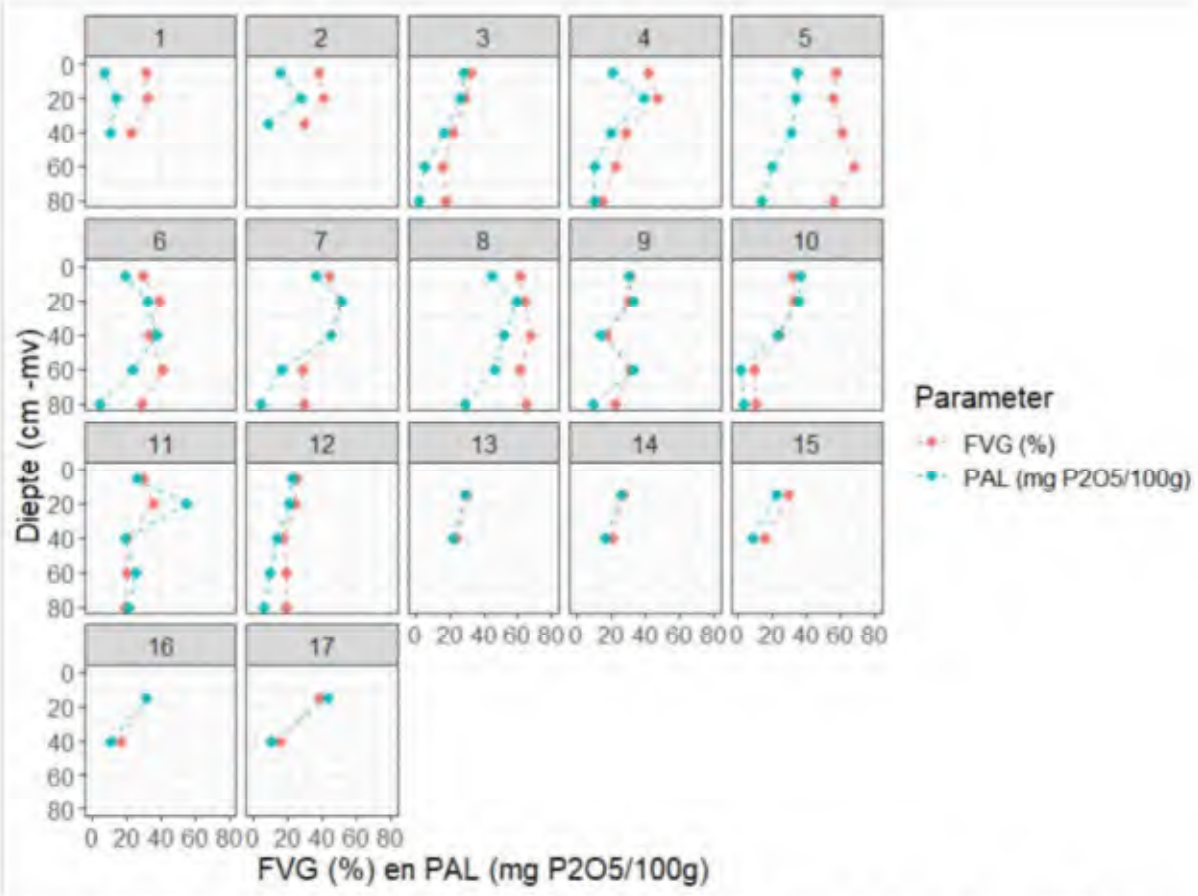
60271 0059

Bijlage IV: Diepteprofielen



Figuur S4-1: Organische stofgehalten over de diepte. Op een diepte van 70-90cm -mv is op locaties 6 en 7 beide een zandlaag en een veenlaag waargenomen, waarbij de zandlaag is bemonsterd.

60271 0059



Figuur S4-2': P-AL (mg P_2O_5 $100g^{-1}$) en de fosfaatverzadigingsgraad (FVG, %) over de diepte, uitgesplitst per locatie.

Nutrienten Management Instituut BV
Nieuwe Kanaal 7c
6709 PA Wageningen
tel: (06) 29 03 71 03
e-mail: nmi@nmi-agro.nl
website: www.nmi-agro.nl

Projectplan POP3

Revitalisering Chaam-Strijbeek

Herstel- en inrichtingsmaatregelen natuur en biodiversiteit

Staatsbosbeheer

Bosgroep Zuid Nederland

Colofon

Opdrachtgever:	Provincie Noord-Brabant
Titel:	Projectplan POP3 revitalisering Chaam-Strijbeek
Status:	Definitief
Datum:	Juli 2021
Auteur(s):	5.1.2e / 5.1.2e
Foto's:	nvt
Kaartmateriaal:	Copyright © **, Dienst voor het kadaster en openbare registers, Apeldoorn
Projectnummer:	21841675.002

© Coöperatie Bosgroep Zuid Nederland u.a.
Postbus 106
5660 AC Geldrop
t (040) 20 66 360
www.bosgroepen.nl

Inhoudsopgave

1	**Projectdefinitie**		**5**
	1.1	Achtergrond/probleemanalyse	5
	1.2	Doelstelling (en) project	8
	1.3	Beschrijving project	10
	1.4	Wijze van uitvoering van het project (projectorganisatie)	12
	1.5	Verwachte planning en realisatietermijn van het project	13
	1.6	Verwachte liquiditeitsplan van het project	14
	1.7	Verwachte resultaten van het project	14
2	**Projectactiviteiten Strijbeek**		**15**
	2.1	Projectactiviteiten Strijbeek	15
	2.1.1	Gebiedsanalyse - LESA	15
	2.1.2	Uitvoering standaard aanplant (rijk strooisel)	16
	2.1.3	Uitvoering extensieve aanplant (droge soorten)	17
	2.1.4	Uitvoering steenmeel systeemherstel	17
	2.1.5	Uitvoering dempen/verondiepen sloten	17
	2.2	Projectactiviteiten Chaam	18
	2.2.1	Gebiedsanalyse - LESA	18
	2.2.2	Uitvoering intensieve aanplant (gemengd)	18
	2.2.3	Uitvoering standaard aanplant (rijk strooisel)	18
	2.2.4	Uitvoering extensieve aanplant (droge soorten)	18
	2.2.5	Uitvoering steenmeel eiken	19
	2.2.6	Uitvoering steenmeel systeemherstel	19
	2.2.7	Uitvoering dempen/verondiepen sloten	19
	2.3	Monitoring	19
	2.3.1	Grond- en oppervlaktewaterstanden	19
	2.3.2	Humusvormen en bodemfauna	19
	2.3.3	Biodiversiteit	19
	2.4	Start- en einddatum project	20
	2.5	Omgevingseffecten	20
	2.6	Risicofactoren, afhankelijkheden en randvoorwaarden	21
3	**Aansluiting bij selectiecriteria**		**22**
4	**Begroting en financiering**		**24**
	4.1	Begroting	24
	4.2	Financiering	24
5	**Administratieve organisatie/interne beheersing**		**25**
	5.1	Administratieve organisatie, interne beheersing en projectadministratie	25
	5.1.1	Administratieve organisatie	25
	5.1.2	Projectadministratie	25

60272 0060

5.2 Beginselen van goed financieel beheer 25

6 Promotie en publiciteit 28

Literatuur en websites 29

Bijlage 1a Beheerkaarten
Bijlage 1b Ambitiekaarten

1 Projectdefinitie

Gebiedsnaam	Chaam-Strijbeek
Eigenaar	Staatsbosbeheer
Project-/zoek gebied	917 ha
Te behandelen oppervlak	Ca. 109,5 ha
Type regeling	POP3 Revitalisering
Looptijd project	3 jaar; zijnde oktober 2021 t/m 31 december 2024

1.1 Achtergrond/probleemanalyse

Dit project betreft de Strijbeekse heide. Het betreft een gebied van totaal 239 hectare en is in eigendom en beheer van Staatsbosbeheer. De Strijbeekse heide ligt ten noord-westen van Chaam en ten Noord-oosten van Strijbeek. Het terrein ligt ingesloten tussen de Strijbeekse en de Chaamse beek. Het is onderdeel van het Natuurnetwerk Brabant. Ook is het onderdeel van het ambitieplan. Het gebied ligt op de hoge zandgronden van Brabant en is droog en vrij arm. De bossen bestaan veelal uit arme grove dennen opstanden, onder druk vanwege verzuring. Daarbij zijn er flink wat dode fijnsparpercelen te vinden. Deels zijn deze gekapt en ook staat er al weer veel nieuw groen onder. Vooral Amerikaanse. Vogelkers, berk, lijsterbes grove den en fijnspar. Daarnaast is Amerikaanse eik plaatselijk zeer dominant evenals Amerikaans vogelkers.

Min of meer kan het zelfde worden gezegd van de Chaamse bossen, ten noordoosten van Chaam. Hier is het aandeel bos hoger, maar ook hier bestaan de bossen voor het grootste deel uit grove den, Corsicaanse den en dode fijnspar. In totaal beslaat het 'zoekgebied' hier 678 hectare. Deels zijn de fijnsparpercelen al gekapt en er zijn dus flink wat open plekken waar aangeplant kan worden.

Onderhavige aanvraag heeft betrekking op de droge bossen (type N15.02). De totale oppervlakte bos bedraagt 917 ha. Hiervan wordt in totaal ca. 109 ha. behandeld. Waarvan 33 ha op de Strijbeekse heide en 75 ha bij de Chaamse bossen. Deze worden gezocht binnen de afgebakende zoekgebieden. (zie Figuur 1).

Figuur 1 Liggen Stijbeekse heide (links) en Chaamse bossen (rechts)

60272 0060

Omdat het hier twee totaal verschillende soorten bos betreft die ook op een andere locatie liggen, wordt in dit plan ook onderscheid gemaakt tussen deze twee gebieden. De opzet is hetzelfde, maar de uiteindelijke invulling van de maatregelen zal per gebied verschillen.

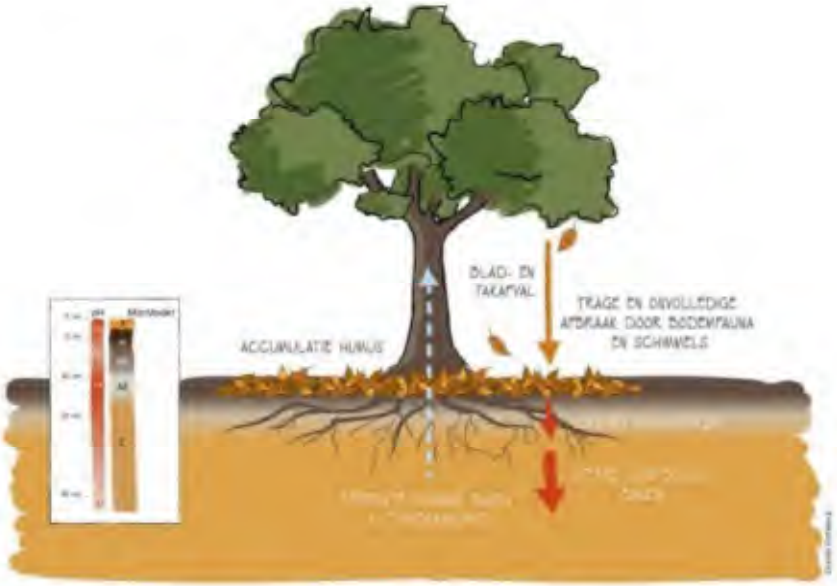
Probleemanalyse

Een groot deel van de bossen en heideterreinen op de droge zandgronden in Noord-Brabant zijn aangetast door een overmaat aan stikstofdepositie die voor een belangrijk deel zijn oorsprong heeft in de landbouw (De Ruiter et al., 2006). De gevolgen van stikstofdepositie voor bos en heide zijn complex en betreffen naast directe toxiciteit van hoge concentraties ook zeer sterke indirecte effecten zoals vermesting (toename van de N-beschikbaarheid); verzuring van bodem en water (met als gevolg een versnelde verwering van de mineralen); uitspoeling van belangrijke nutriënten en basische kationen zoals kalium, magnesium en calcium; toename in gevoeligheid voor secundaire stressfactoren zoals schimmelinfecties en insectenplagen en verschuivingen in de chemische samenstelling (bijv. aminozuur-samenstelling of N:P-ratio) en van flora en fauna (o.a. Bobbink & Lamers 1999).

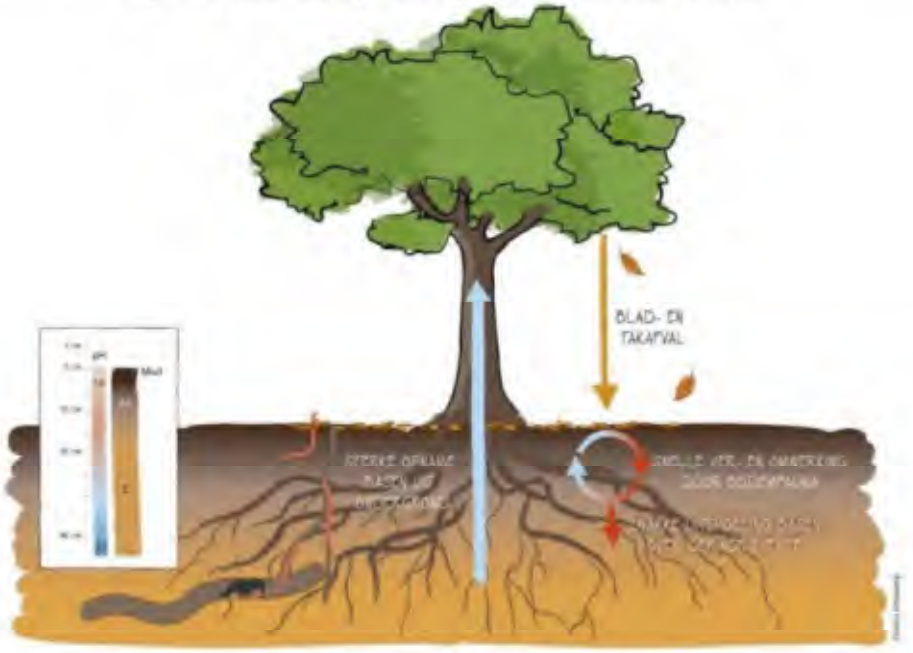
Naast de verstoring van de mineralenhuishouding is er ook sprake van ernstige verstoring van bodemleven op de arme zandgronden en dat is vooral te zien aan de ernstige achteruitgang van de bodemschimmels, waaronder ecto-mycorrhiza's, die een sleutelrol vervullen in deze bodems in het opvangen van vrije nutriënten en het voor de levende organismen beschikbaar houden van deze voedingsstoffen. Veel van deze schimmels kunnen niet tegen hoge stikstofgehalten van de bodem, terwijl hogere planten bovendien minder goed samenwerken met ecto-mycorrhiza's als ze gemakkelijk zelf stikstof uit de bodem kunnen halen. Bodemschimmels zijn op arme zandgronden noodzakelijk om verlies aan nutriënten door uitspoeling te voorkomen: het mycelium van de schimmels is dermate fijnmazig en gespecialiseerd dat vrijwel geen uitspoeling plaatsvindt.

De bossen op droge zandgronden in Noord-Brabant kenmerken zich door de (vaak uniforme) aanwezigheid van naaldbomen en eik of beuk. Naaldbossen (met overwegend dennen, lariks en fijnsparen) en de loofhoutsoorten eik en beuk produceren slecht verteerbaar, zuur blad dat op de bodem accumuleert tot dikke strooiselpakketten (zie Figuur 2). Van nature ontwikkelt zich hier een pakket met een dikte die nodig is om het leefmilieu voor de verterende organismen. Die is bij slecht verterend strooisel op nutriëntarme bodems dik, omdat dit de condities voor de noodzakelijke schimmelvertering optimaliseert. Deze schimmels zetten het strooisel in waardevolle, slecht afbreekbare organische stof om, die helpt de bodem in fysisch opzicht te ontwikkelen (en verbeteren). Deze organische stof gaat naarmate deze zich verder ontwikkelt meehelpen het uitspoelen van basische nutriënten te voorkomen, doordat het de CEC verhoogt. Het maakt op lange termijn de bodem geschikter voor meer eisende boomsoorten met goed verterend strooisel.
Onder invloed van de langdurige hoge stikstoflast die in deze bodems is ontstaan, zijn de omstandigheden voor bodemschimmels echter sterk aangetast, waardoor dit natuurlijke systeem niet goed meer functioneert. De stikstofverbindingen leiden daarbij op zure bodem tot aanzienlijk sterkere verzuring, met versterkte uitspoeling van kationen en groeiende accumulatie van strooisel tot gevolg. Door stikstofdepositie worden deze van nature zure arme zandgronden dus extra geraakt en wordt het natuurlijke regelmechanisme van deze bodems meer dan elders ondermijnd.

Wintergroen naaldbossen kennen door hun jaarrond hoge kroonoppervlak een hogere fijnstof- en "stikstof invang" dan loofbossen, wat door neerslag naar de bodem kan worden doorgevoerd. Hierdoor is onder deze bossen de relatieve stikstofdepositie dus hoger. Deze bossen kennen daarbij echter ook een relatief hoge interceptie (vasthouden van neerslag in de kroon), die vooral de eerste twintig minuten van een regenbui speelt. Deze interceptie verdampt voor een deel weer, waarbij ook op de naaldoppervlakte aanwezige stikstofverbindingen weer mee kunnen verdampen.



Figuur 2 accumulatieproces bij slecht verteerbaar strooisel



Figuur 3 Effect van rijkstrooiselsoorten

De landbouw is belangrijk voor de economie van het platteland en zal dat voorlopig ook blijven. Er worden maatregelen genomen om de stikstofemissie door de landbouw te beperken, maar voorlopig zal deze emissie nog zo hoog zijn dat ontwikkeling en behoud van een hoge biodiversiteit in bos- en heide-ecosystemen op de zandgronden zonder maatregelen niet mogelijk is. Dit zijn maatregelen die helpen te voorkomen dat de achteruitgang nog verder doorzet, Er zijn maatregelen onderzocht die naar verwachting ook de ontwikkeling van de biodiversiteit kunnen ondersteunen, hoewel van herstel van de oude situatie dan naar verwachting geen sprake zal zijn (Bobbink et al., 2013; 2019; 2021). Zonder dergelijke maatregelen is de schade aan de gebieden op termijn echter nog veel groter. Hierbij is aandacht nodig voor de grote voorraad geaccumuleerde stikstof in de bodems van natuurgebieden.

Vooronderzoek

Allereerst is een Landschapsecologische Systeem Analyse (LESA) voor de terreinen voorzien. Een LESA geeft inzicht in het ontstaan en het huidig functioneren van een gebied en daarmee ook inzicht in hoe de problemen het beste aangepakt kunnen worden.
Met een LESA wordt op landschaps- en systeemniveau naar een gebied gekeken. Het laat zien welke processen bepalend zijn voor het voorkomen van planten en dieren (Besselink et al., 2017). Met name voor hydrologisch herstel is een LESA van belang voor het opstellen van de juiste hydrologische herstelmaatregelen. Zo wordt het oorspronkelijke systeem hersteld en dit leidt o.a. tot denitrificatie. Ook de meerwaarde van een steenmeelgift kan door een LESA in kaart worden gebracht, evenals archeologisch en cultuurhistorische waarden.

Bosomvormingsmaatregelen zijn voorzien in de bosgebieden. De bosomvorming is gericht op het duurzaam verbeteren van de nutriëntenhuishouding door aanpassing van de boomsoortensamenstelling en inbrengen van nutriënten doormiddel van steenmeel. Door verrijken van het bosecosysteem met inheemse loofboomsoorten met een positief effect op humus- en bodemvorming wordt een duurzame bijdrage geleverd aan een robuust en veerkrachtig bosecosysteem.
Ook kunnen hydrologische maatregelen een belangrijke bijdrage leveren, maar dat is afhankelijk van wat er uit de LESA komt.

Figuur 4 Uitsplitsing van ecosysteem. Een LESA brengt beiden in beeld en legt daar een verband tussen.

1.2 Doelstelling (en) project

Het doel van het project is driedelig: met dit project beogen wij I) het stoppen van de achteruitgang van biodiversiteit in de gebieden 'Strijbeekse heide' en de 'Chaamse bossen' welke het gevolg is van stikstofemissies uit de landbouw, II) het duurzaam herstellen van de bosgebieden die als gevolg van de overmaat aan stikstofdepositie zijn achteruitgegaan en III) het verhogen van de ecologische kwaliteit en veerkracht van bodem en vegetatie waardoor biodiversiteit kan toenemen. Om optimaal effect te bereiken worden verschillende strategieën toegepast die gericht zijn op:

1) op een zo bestendig mogelijke wijze aanvullen van door stikstofdepositie uitgespoelde mineralen zonder daarmee de ecologische condities van het bodemmilieu te ondermijnen;
2) op groeiplaats afgestemd bijmengen van boomsoorten met goed verteerbaar strooisel waardoor het bodemleven ondersteund wordt bij het herstel van de door stikstofdepositie verstoorde mineralenbalans;
3) waar mogelijk stimuleren van denitrificatie door vernatting van gebieden.

Ad 1) Slowrelease mineralen giften (in de vorm van steenmeel) moet ervoor zorgen dat door stikstofdepositie verarmde bodems weer van basen voorzien worden. Enerzijds heeft dit tot doel om de zuurgraad te verhogen door de buffercapaciteit te herstellen. Dit helpt het kation uitwisselend vermogen van de bodem weer met basen op te laden en gaat het mobiliseren van aluminium en ammonium toxiciteit tegen. Door afname van de stikstofconcentratie in de bodem herstellen de bodemschimmels zich, waardoor minder strooiselophoping optreedt en het bodemleven meer kan floreren. De door uitspoeling verdwenen nutriënten en micronutriënten (bijvoorbeeld kalium en mangaan) worden weer aangevuld.

Figuur 5 Dun laagje steenmeel na verspreiden (Bron: 5.1.2e)

Ad 2) Om ervoor te zorgen dat mineralen duurzaam in het systeem behouden blijven, wordt de boomsoortsamenstelling aangevuld met passende mengboomsoorten, waaronder boomsoorten met relatief goed verteerbaar strooisel.
Bomen en struiken als Winterlinde en Hazelaar zorgen ervoor dat nutriënten in een stabiele vorm van humus in de bodem worden opgeslagen, in plaats van in een wateroplosbare vorm zoals bij zuur strooisel het geval is. Daarnaast brengen de nutriëntenpomp weer op gang, zodat mineralen die onder invloed van stikstof uitspoelen in de wortellaag opgevangen worden en via het makkelijk afbreekbaar strooisel van deze bomen weer in de toplaag terecht komt.

Figuur 6 Linde als rijkstrooiselsoort (foto: 5.1.2e)

Ad 3) Vernatting leidt indirect tot afvoer van stikstof. In natte omstandigheden wordt nitraat omgezet naar stikstofgas (N_2) en verdwijnt als gas naar de lucht. De voor stikstofdepositie verzuringsgevoelige zandgronden behoren overwegend tot de droge zandgronden. Lokaal, op de flanken en in depressies van dekzandruggen, liggen ook mogelijkheden om door de afvoer van grond - en regenwater te beperken, gebieden te hervernatten. De stikstof omzetting (denitrificatie) in vochtige heide kan hoog zijn met een verwijdering van tussen de 5 en 16 kg N/ha/jaar (Härdtle et al., 2007) en is dus een goede maatregel tegen de vermestende invloed van de stikstofemissies.

1.3 Beschrijving project

Beschrijving van het project

De oppervlakte bos en heide op verzuringsgevoelige bodems is van een dusdanige omvang dat niet alles in een keer te realiseren is. Daarom worden binnen het project verschillende strategieën toegepast om effecten van stikstofemissies terug te dringen, waarbij aard en intensiteit van de maatregelen variëren afhankelijk van de uitgangssituatie: bodemvruchtbaarheid, huidige boomsoortensamenstelling, of het heide of bos is en de hydrologische toestand.

Binnen het gebied is gekozen voor versterken van de menging van loofbomen en struiken, waarbij de variatie in strooiseltypen van de soorten meegewogen wordt bij de aanplant. Bij deze aanplant zijn verschillende strategieën van toepassing waarbij de gestelde percentages zoveel mogelijk worden nagestreefd:

1) Op één locatie (5% van de oppervlakte) wordt gewerkt om een snelle transitie (10 à 20 jaar) naar een bos met een substantieel aandeel bomen en struiken met goed verteerbaar strooisel te bewerkstelligen. Deze locatie is recent gekapt in verband met massale fijnsparsterfte als gevolg van de letterzetter. Dit is dus een licht vak wat zich goed leent voor een dergelijke aanplant. Overigens is deze aanplantvariant enkel te vinden in het Chaamse bos omdat de Strijbeekse heide zich niet voor deze variant leende.
2) Een tweede selectie (45%) is gericht op een structurele bodem- en strooiselverbetering in één generatie (40 tot 70 jaar), ook wel standaard aanplant genoemd. Hierbij worden ong. 20 groepen per hectare wordt aangeplant. Elk bestaande uit 5 veren of 25 stuks bosplantsoen. Aantallen zijn afhankelijk van begroeiing (bv. Adelaarsvaren) op locatie en budget.
3) De overige oppervlakte (ca. 40%) is vooral gericht op inbrengen van zaadbomen die in ongeveer twee generaties tot een bos gedomineerd door rijkstrooisel moeten leiden. Hier wordt ook wel naar gerefereerd als extensieve aanplant waarbij ong. 10 groepen per hectare wordt aangeplant. Elk bestaande uit 5 veren of 25 stuks bosplantsoen. Aantallen zijn afhankelijk van begroeiing (bv. Adelaarsvaren) op locatie en budget.

Voor de toepassing van *steenmeel in bossen* wordt de volgende aanpak voorgesteld:

1) Vooraf geldt, zoals genoemd, dat een LESA van belang is om uit te wijzen hoe de huidige bodemtoestand is. Dit bepaalt niet alleen of steenmeel überhaupt wel nodig is, maar ook wat de eventuele dosis en het optimale type moet zijn. Verwacht wordt dat 90% van het projectgebied in aanmerking komt voor de toepassing van steenmeel, tenzij de LESA anders uitwijst.
2) Gericht op herstel van de nutriëntenvoorziening en bufferingtoestand van de bodem. Dit betekent het opbrengen van steenmeel in de terreinen die, op basis van gebiedskennis en bodemonderzoek, sterk verzuurd en uitgeloogd zijn en waar herstel van mineralen en buffering noodzakelijk is en uit de LESA blijkt dat dit bijdraagt aan het oplossen van het probleem.

Hervernatting wordt uitgevoerd op plekken waar in het verleden (vooral ten tijde van de heideontginningen) slotenstelsels gegraven zijn om aanleg van productiebossen mogelijk te maken. Alleen die locaties worden geselecteerd waar de verwachting is dat dit tot daadwerkelijke vernatting leidt. Deze zijn onder meer te herkennen aan het feit dat de sloten periodiek (periode maart-april) water bevatten. Er zijn verschillende maatregelen mogelijk.

1) Sloten dempen
    a. Met extern aangevoerd mineraal materiaal
2) Diepe sloten verondiepen
    a. met extern aangevoerd mineraal materiaal
3) Rabatten dichtschuiven
    a. Met reeds aanwezig gebiedseigen materiaal
4) Stuwen plaatsen
    a. Indien de sloot nog een functie hebben, en afvoer mogelijk gewenst is
5) Afdammen
    a. Indien sloten nog een functie hebben, maar geen afvoer gewenst is
    b. Elke 100 meter een 10 meter lange dam van zand
    c. Dit kan ook zijn door het verwijderen van duikers bij overgangen
6) Plaatsen van duiker
    a. Indien een verbinding gewenst is.

De maatregelen worden alleen uitgevoerd wanneer dit niet leidt tot negatieve effecten, zoals grootschalig verlies van bestaand bos, mobilisatie van fosfaat of vernatting van landbouwterreinen in de omgeving.

Toelichting maatregelen in relatie tot de houtproductiefunctie

Het project omvat uitsluitend maatregelen die een negatief of neutraal effect hebben op het financieel rendement van bossen. Bossen met hoofdzakelijk productie-boomsoorten worden binnen dit project omgevormd naar bos met een hoog aandeel boomsoorten een hogere ecologische waarde hebben maar die minder productief zijn. Door vernatting gaat de productiecapaciteit van de bodem achteruit.

De aanplant bestaat uit boom- en struiksoorten met een hoge schaduwtolerantie. Lichtboomsoorten worden enkel toegepast als de locatie zich daarvoor leent. Geplant wordt op plaatsen waar voldoende licht maar niet gekapt hoeft te worden. In de ondergroei wordt indien nodig opslag verwijderd om concurrentie met jonge aanplant te verminderen. Dit moet de eerste jaren na de aanplant ook gedaan worden. Ook zal de jonge aanplant beschermd worden.

60272 0060

1.4 Wijze van uitvoering van het project (projectorganisatie)

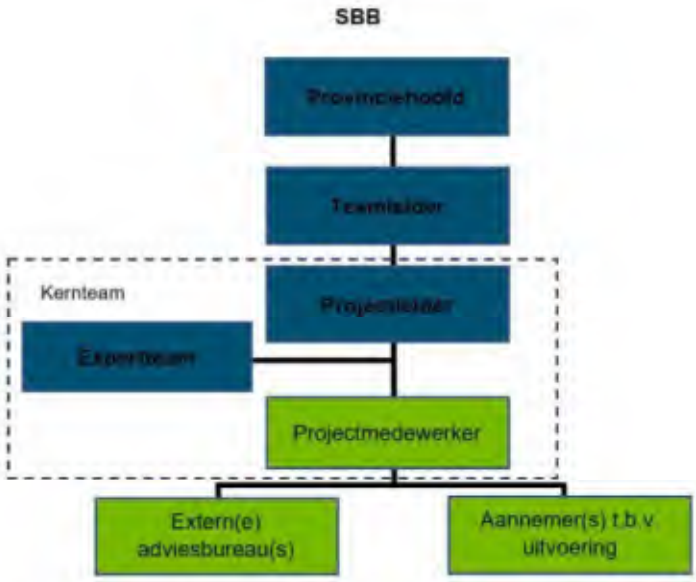
Het project kent twee fasen; voor beschikking en na beschikking. De bosgroep verzorgd de aanvraag, en bundelt de aanvraag voor Staatsbosbeheer (Fase I). Na beschikking (Fase II) begint de uitvoering. Vanaf de uitvoering regelt Staatsbosbeheer zelfstandig het projectmanagement.

Het projectmanagement na beschikking omvat de projectuitvoering, bepalen van de uitvoeringslocatie, wijze van uitvoering, aanschaf van plantsoen en materialen en aanbestedingen. Bij Staatsbosbeheer werkt een team van deskundigen en uitvoerders aan het project. Dat team zal zorg dragen voor de projectleiding, de ecologische analyse en kwaliteitsbewaking, de begeleiding van de uitvoering en het omgevingsmanagement.

Voor de uitvoering van de maatregelen en aanschaf van plantsoen en materialen worden verschillende bedrijven met aantoonbare ervaring op het desbetreffende werkgebied benaderd. In de uitvoerfase zal staatsbosbeheer de rol van gedelegeerd opdrachtgever op zich nemen.

Bosgroep Zuid-Nederland heeft de subsidieaanvraag verzorgd. Bij beschikking is Staatsbosbeheer de verantwoordelijke partij voor de subsidieverstrekker.

Projectorganisatiestructuur



Figuur 7 organisatiestructuur Staatsbosbeheer

Functie	Taken overige betrokken medewerkers (SBB)
Provinciehoofd	• Regio verantwoordelijke, provinciaal vertegenwoordiger, sturende kracht voor het functioneren van de organisatie.
Teamleider	• Strategische koers, projectevaluaties, escalatiemogelijkheid, vervangen projectleider
Projectleider	• Strategische koers, projectevaluaties, escalatiemogelijkheid
Projectmedewerker	• Aanspreekpunt voor projectleider BgZN • Aansturen projectmedewerker eigen organisatie • Aanwezig bij projectevaluaties. • Toezichthouder in de uitvoeringsfase
Boswachter	• Inbrengen gebiedskennis • Meedenken in praktische uitvoering project

Taak	Functiebenaming
Projectleiding	Projectleider
Ecologische kwaliteitsbewaking	Adviseurs ecologie, bos, hydrogie
Ecologische en bosbouwkundige uitvoering	Ecologisch begeleider, projectmedewerker
Afstemming met eigenaren en belanghebbenden	Boswachter

1.5 Verwachte planning en realisatietermijn van het project

Activiteiten	*2021*		*2022*		*2023*		*2024*	
	h1	*h2*	*h1*	*h2*	*h1*	*h2*	*h1*	*h2*
Opstellen projectplan								
Opstellen uitvoeringsplan en contract								
Gebiedsanalyse – LESA								
Monitoring 0-situatie								
Voorbereiding maatregelen								
Hydrologische maatregelen								
Opbrengen steenmeel handmatig Bos								
Opbrengen steenmeel machinaal Bos								
Bos intensieve aanplant								
Bos standaard aanplant								
Bos extensieve aanplant								
Nazorg aanplant								
Monitoring herhaling opnamen								
Oplevering								

1.6 Verwachte liquiditeitsplan van het project

Dit project heeft de volgende liquiditeitsbehoefte:

Termijn		*€/termijn*	*BTW*	*Werkzaamheden (+8,33% personeelskosten)*
1	*2021 Q1*			
2	*2021 Q2*			
3	*2021 Q3*	€ 20.000,00	€ 4.200,00	*Voorbereiding aanvraag monitoring 0-situatie*
4	*2021 Q4*	€ 10.000,00	€ 2.100,00	*Voorbereiding monitoring 0-situatie*
5	*2022 Q1*	€ 6.600,00	€ 1.386,00	*LESA*
6	*2022 Q2*	€ 6.600,00	€ 1.386,00	*LESA*
7	*2022 Q3*	€ 6.600,00	€ 1.386,00	*LESA*
8	*2022 Q4*	€ 20.000,00	€ 4.200,00	*LESA, voorbereiding maatregelen*
9	*2023 Q1*	€ 20.000,00	€ 4.200,00	*voorbereiding maatregelen*
10	*2023 Q2*	€ 50.000,00	€ 10.500,00	*voorbereiding maatregelen*
11	*2023 Q3*	€ 175.000,00	€ 36.750,00	*hydrologische maatregelen*
12	*2023 Q4*	€ 210.000,00	€ 44.100,00	*steenmeel*
13	*2024 Q1*	€ 200.000,00	€ 42.000,00	*aanplant*
14	*2024 Q2*	€ 50.000,00	€ 10.500,00	*monitoring effect maatregelen*
15	*2024 Q3*	€ 5.000,00	€ 1.050,00	*monitoring effect maatregelen*
16	*2024 Q4*	€ 5.057,88	€ 1.062,16	*Nazorg*
Oplevering uiterlijk 31 december 2024				
	subtotaal	*€ 784.857,88*	*€ 164.820,16*	
Totaal incl. BTW		*€ 949.678,04*		

**Deze tabel is een inschatting en de daadwerkelijke bedragen kunnen mogelijk tijdens het project afwijken.*

1.7 Verwachte resultaten van het project

Omvorming naar een divers, robuust en veerkrachtig inheems bosecosysteem wordt aangezet op in totaal 109 hectare bos, waardoor duurzaam de weerstand tegen atmosferische depositie vergroot wordt. Voor verbetering van de nutriëntenbalans worden sloten gedempt/verondiept worden de betreffende terreinen natter wat denitrificatie aldaar in gang zet (afhankelijk van uitkomst LESA).

2 Projectactiviteiten Strijbeek

2.1 Projectactiviteiten Strijbeek

2.1.1 Gebiedsanalyse - LESA

Op hoofdlijnen zijn de terreinen geselecteerd voor uitvoering van de maatregelen. Dit is gebeurd op basis van gebiedskennis van ecologen en beheerders bij Staatsbosbeheer en de Bosgroep, beheerkaarten en hoogtekaarten. Voor het bepalen van de definitieve locaties en verdere detaillering van de uitvoeringsmethodiek wordt een gebiedsanalyse uitgevoerd (LESA). Dit moet meer inzicht geven in de aanwezige problemen, dor oorzaken daarvan en waar de urgentie voor uitvoering van de maatregelen het hoogst is, waar maatregelen naar verwachting het snelst effect gaan hebben en waar welke strategie gewenst is. Een LESA behandelt doorgaans de volgende onderwerpen:

- Hydrologie
- Bodem
- Bosstructuur en boomsamenstelling
- Flora & Fauna
- Cultuurhistorie en landgebruik

Bepalende factoren voor het wel of niet uitvoeren van maatregelenzijn onder meer de aanwezigheid van oud bosssoorten en verzuringsgevoelige soorten, de vitaliteit van eiken, functioneren van ontwateringstelsels, aanwezigheid van rijkere bodemlagen, de dichtheid van de boom- en struiklaag, mate van vergrassing en ontsluiting en reliëf. De gebiedsanalyse bestaat uit een bureaustudie en aanvullende veldwerk:
In de bureaustudie worden verschillende bronnen geraadpleegd, zoals luchtfoto's, NDFF, beheerkaarten, DINO-loket, AHN, bodemkaarten, geo(morfo)logische kaarten en historische kaarten. Op basis van de bureaustudie wordt globaal het systeem beschreven. Dit wordt verder uitgewerkt en verfijnd middels een veldbezoek waarin terreinkenmerken opgenomen worden.
Veldwerk:

- aanvullende kartering van verzuringsgevoelige bos- en heidesoorten en oud-bossoorten zoals Valse salie, havikskruiden, Grote muur, Liggend walstro e.d.
- inventarisatie van bospercelen op hoogtegroei, aanwezigheid van soorten met een goed verteerbaar strooisel, zoals Boswilg of Ratelpopulier, dichtheid en samenstelling van kroon- en struiklaag;
- inventarisatie op mate van vergrassing (kan deels vanaf luchtfoto's maar moet in het veld nader bekeken worden)
- inventarisatie van het slotenstelsel om te bepalen wat de drainerende watergangen zijn.

Aan de hand van de gebiedsanalyse en de veldinventarisatie worden de exacte locaties en uit te voeren werkzaamheden vastgelegd. Dit wordt uitgewerkt in uitvoeringsplannen op basis waarvan de verschillende werkzaamheden aanbesteedt worden.

60272 0060

2.1.2 Uitvoering standaard aanplant (rijk strooisel)

Het doel is een geleidelijke omslag van de boomsoortensamenstelling naar een veerkrachtig en robuust systeem waarbij op middellange termijn de huidige bossamenstelling grotendeels vervangen kan worden met de ingebrachte boomsoorten. Bij deze strategie worden niet alleen rijkstrooiselsoorten aangeplant. Het betreft hier een menging van rijk strooisel en klassieke soorten van zandgrond, met op de lagere (minder schrale) delen nadruk op rijkstrooiselsoorten (zie onderstaande lijst). De tabel die hieronder is weergegeven beshcrijft suggestieve soorten die mogelijk gebruikt kunnen worden. Welke soorten waar worden geplant en of deze wel worden gebruikt is afhankelijk van de bodem en dient dus tijdens de uitvoering bepaald te worden. Hierbij is verbetering van de bodem het middel om de stikstofproblematiek effectgericht aan te pakken.

Schaduw rijk strooisel	Half-schaduw rijk strooisel	Licht rijk strooisel	Schaduw droog	Half-schaduw droog	Struiken
-Winterlinde -Gewone esdoorn*	-*Haagbeuk*** -*Zoete kers*	-*Fladderiep* -Ratelpopulier -*Boswilg*	-Beuk -Tamme kastanje	-Wintereik -Zomereik	-Hazelaar -Veldesdoorn -Hulst -Taxus -Meidoorn

*Gewone esdoorn dient spaarzaam te worden aangeplant en mag niet worden geplant nabij de heideterreinen.

** schuingedrukte soorten worden alleen geplant als de situatie zich ervoor leent en de bodem geschikt genoeg is.

Daartoe wordt groepsgewijs onderplant in bestaand bos met inheemse boom- en struikvormers, waarbij de groepen zo verdeeld worden dat deze op termijn nagenoeg de hele oppervlakte innemen met de verwachte kroonprojectie. Aangeplant worden circa 20 groepen van 25 stuks per hectare (500 bomen en struiken per hectare). Op plekken waar adelaarsvaren domineert, kan worden gekozen voor groepen van 5 stuks veren. De groepsgewijze aanplant vereenvoudigt de opvolging en verzorging van de geplante boomgroepen en bespaard kosten ten opzicht van de intensieve vlaktegewijze strategie. Naar verwachting kunnen de ingebrachte soorten in 40 tot 70 jaar het bosecosysteem doen omslaan naar een bos met duurzaam verbeterde bodem- en humusvorming, ten opzichte van de intensieve strategie zal het aandeel van de oorspronkelijk aanwezige boomsoorten groter zijn. Bij de aanplant kan een mogelijke startbemesting van bijvoorbeeld steenmeel worden toegepast. In beide gevallen wordt de aanplant beschermd. Bosplantsoen wordt bij voorkeur beschermd met rasters. Veren worden beschermd met 3 tonkinstokken per veer. Uitzonderingen zijn hulst en taxus.

2.1.3 Uitvoering extensieve aanplant (droge soorten)

Het doel bij deze strategie is een langzame maar volledige systeemomslag in de volgende bosgeneratie (>100 jaar) waarbij het bos zich ontwikkelt naar een robuuster en gezonder ecosysteem met verbeterde bodem- en humusvorming. In deze strategie worden groepen aangeplant van 5 stuks bosplantsoen/veren in bestaand bos, 10 per hectare. Hierbij ligt, in tegenstelling tot de standaard strategie, de nadruk op de droge soorten (bruine kolommen). Hierbij worden rijkstrooiselsoorten voorzichtig ingemengd.

De groepsgewijze aanplant vereenvoudigt de opvolging en verzorging van de geplante boomgroepen en bespaard kosten ten opzicht van de intensieve vlaktegewijze strategie. Bij deze aanplant is het aandeel oorspronkelijk aanwezige soorten nog groter.

In beide gevallen wordt de aanplant beschermd. Bosplantsoen wordt bij voorkeur beschermd met rasters. Veren worden beschermd met 3 tonkinstokken per veer. Uitzonderingen zijn hulst en taxus.

2.1.4 Uitvoering steenmeel systeemherstel

Doel van deze maatregel is het op lange termijn opheffen van de nutriënten- en mineralenonbalans in de verzuurde en uitgeloogde bosbodems door vlakdekkende steenmeeladdities van fijn tot grof (200-400µ) steenmeel in een hoeveelheid van 10t/ha uitgestrooid. De keuze van het type steenmeel zal afhangen van de bodemgesteldheid en de beschikbaarheid. Afhankelijk van de grofheid van het materiaal en met name het kalkgehalte (dat laag kan zijn in steenmeel) is de verwering langzaam waardoor het gezien wordt als een "slow-release" nutriëntengift. De maatregel beoogt herstel van de basenverzadiging en daarmee de zuurbuffering in de bodem waardoor bodemfauna (o.a. wormen) zich gaan uitbreiden en de bodem zich geleidelijk kan ontwikkelen naar een bodem van rijkere bodem (Mullmoder tot Mull humusprofiel). Deze maatregel wordt alleen duurzaam toegepast als naast het herstel van de nutriënten in de bodem ook de nutriëntenkringloop wordt hersteld en verdere verzuring wordt tegengegaan door aanplant van rijk-strooiselsoorten.

Deze maatregel wordt op bosperceelniveau uitgevoerd om de bodem van het gehele perceel te herstellen waardoor biota in de bodem en de bovengrondse biodiversiteit betere kansen hebben zich te ontwikkelen.

(Wederom geldt; de toepassing van steenmeel is gekoppeld aan de uitkomsten van de LESA)

2.1.5 Uitvoering dempen/verondiepen sloten

Hydrologische maatregelen als mitigerende maatregelen voor stikstofdepositie worden genomen op alle locaties waar in het verleden, meestal ten behoeve van houtteelt, ontwateringstelsels aangelegd zijn én deze gedurende deel van het jaar watervoerend zijn (ook als dat maar heel kort is). Alle doorgaande watergangen, zowel hoofd- als zijwatergangen worden gedempt. Waar geheel dempen door aanwezige begroeiing niet mogelijk of niet wenselijk is door de impact van de ingreep op de bosbodem, worden op regelmatige afstand (100m) dammen aangelegd van 10 meter lang. Om voldoende werkruimte te maken voor de uitvoering wordt over een breedte van 5 meter langs de waterlopen de begroeiing verwijderd. Uit de sloten wordt vervolgens organisch materiaal afgevoerd en opgevuld met minerale grond.

Daar waar het niet wenselijk is om sloten te dempen, is er ook de mogelijkheid voor het plaatsen van een stuw. Op die manier kan het water worden geborgen en kan het in natte tijden alsnog worden afgevoerd.

60272 0060

2.2 Projectactiviteiten Chaam

2.2.1 Gebiedsanalyse - LESA

De Chaamse bossen worden in dezelfde LESA meegenomen als de Strijbeekse heide. Zie daarom ook 2.1.1

2.2.2 Uitvoering intensieve aanplant (gemengd)

Doel is een snelle omslag van het bosecosysteem naar een veerkrachtig en robuust systeem door volledige aanpassing van de boomsoortensamenstelling naar gemengd loofbos gedomineerd door soorten met positieve strooiseleigenschappen. Daarvoor wordt bestaand bos volledig vlaktegewijs onderplant met 3000 inheemse bomen en struiken per hectare. Bomen worden hierbij in groepen naast elkaar geplant. Dit is mogelijk omdat dit vak weinig ondergroei bevat en er daarom weinig terreinvoorbereiding nodig is.
Aanplant bestaat uit een menging van 'typerende' soorten van de droge zandgrond zoals zomer- en wintereik, tamme kastanje, beuk. Daarnaast worden soorten aangeplant een positieve invloed hebben op strooiselontwikkeling zoals bijvoorbeeld winterlinde, haagbeuk, gewone esdoorn, ratelpopulier en hazelaar. Extra soorten voor de menging kunnen hierbij zijn taxus, hulst, meidoorn, veldesdoorn, zoete kers, fladderiep. Hierbij is het de bedoeling dit volledige aanplantvak wordt bestrooid met steenmeel om de aanplant zo een goede start te geven (zie ook kopje uitvoering steenmeel systeemherstel). Tevens wordt het volledige vak omrasterd met wildgaas. Tien tot twintig jaar na aanplant is de ingebrachte tweede etage in sluiting en naar verwachting tussen de vijf en tien meter hoog.

Schaduw rijk strooisel	Half-schaduw rijk strooisel	Licht rijk strooisel	Schaduw droog	Half-schaduw droog	Struiken
-Winterlinde -Gewone esdoorn	-Haagbeuk -Zoete kers -grauwe els	-Fladderiep -Ratelpopulier	-Beuk -Tamme kastanje	-Wintereik -Zomereik	-Hazelaar -Veldesdoorn -Hulst -Taxus -Meidoorn -Europese vogelkers

2.2.3 Uitvoering standaard aanplant (rijk strooisel)

Het principe van deze aanplant is hetzelfde als bij Strijbeek. Het verschil is dat hier op sommige plekken leemplaten te vinden zijn en dus de kans op succes bij sommige rijkstrooiselsoorten groter is. Wanneer de LESA uitwijst dat deze leemlagen op bereikbare dieptes zitten, kunnen deze hier met zekerheid worden geplant, zijn er meer soorten mogelijk, met een kleinere kans op uitval.

2.2.4 Uitvoering extensieve aanplant (droge soorten)

Zelfde aanpak als Strijbeek. Zie 2.1.3. Het verschil is de menging. Op Chaam is het aandeel rijkstrooiselaanplanten groter terwijl op Strijbeek de extensieve, droge aanplant in de meerderheid is. Dit heeft te maken met die beschreven leemlaag op Chaam, en met de Strijbeekse heide waar massale verjonging van o.a. esdoorn en ratelpopulier op termijn zoveel mogelijk beperkt moet blijven.

60272 0060

2.2.5 Uitvoering steenmeel eiken

Zelfde aanpak als Strijbeek. Zie 2.1.4

2.2.6 Uitvoering steenmeel systeemherstel

Zelfde aanpak als Strijbeek. Zie 2.1.5

2.2.7 Uitvoering dempen/verondiepen sloten

Zelfde aanpak als Strijbeek. Zie 2.1.7

2.3 Monitoring

Maatregelen zijn succesvol als deze resulteren in de mitigatie van de negatieve effecten van stikstofdepositie. Dit moet enerzijds door een afname van de stikstofdepositie en de stikstofrijkdom van de systemen en anderzijds ook door het herstel van de mineralen en buffering van de bodem. De maatregelen moeten resulteren in het stoppen van de achteruitgang van de biodiversiteit en het doen toenemen van de (duurzame) kwaliteit van de terreinen waardoor de biodiversiteit kan gaan toenemen.

Het vaststellen van de effecten van de maatregelen kan alleen door monitoring. Hiervoor zijn beschrijvingen en metingen van de uitgangssituaties als ook beschrijvingen en metingen van de effecten op middellange en lange termijn noodzakelijk. Als te monitoren parameters komen in aanmerking: stikstofgehalte, buffering en kationenbalans van de bodem, grond- en oppervlaktewaterstanden, humusvormen, bodemschimmels en -fauna en biodiversiteit in de vorm van paddenstoelen, nachtvlinders en flora.

2.3.1 Grond- en oppervlaktewaterstanden

Maatregelen gericht op verhogen van de grond- en oppervlaktewaterstanden worden gemonitord door plaatsen van peilbuizen. Er worden op 1 a 2 locaties peilbuizen geplaatst. De peilbuizen worden voorzien van een diver die 4 jaar (project eindigt op 31-12-2024) lang de waterstanden opneemt. Voor aanvang van de maatregelen en in het vierde jaar worden waterkwaliteitsmonsters genomen ter bepaling van de buffering, nitraat-, ammonium- en kationenconcentraties.

2.3.2 Humusvormen en bodemfauna

De maatregel: aanplant van rijk-strooiselsoorten heeft betrekking op het herstel van de bodem (de humusvorm) en hiervoor zal de beginsituatie op geselecteerde locaties worden beschreven. Tevens zal deze maatregel effectief zijn voor het herstel van het bufferende vermogen van de bodem doordat de bomen als een nutriëntenpomp fungeren. Hierdoor is een nulmeting met betrekking op de basenrijkdom en stikstofrijkdom op de geselecteerde locaties ook op zijn plaats.

2.3.3 Biodiversiteit

De maatregelen hebben effect op de biodiversiteit. De neerwaartse gang van biodiversiteit zal worden gestopt (door de anti verzuring- en vermestingmaatregelen) en de biodiversiteit zal toenemen als gevolg van het systeemherstel.

Biodiversiteit is echter moeilijk meetbaar omdat het een zeer groot aantal soorten en soortgroepen omvat en het enige tijd duurt voordat er meetbare veranderingen optreden. Lange termijn effecten kunnen worden gemonitord aan de hand van SNL karteringen van flora, vegetatie en broedvogels en in heideterreinen daarnaast ook dagvlinders en sprinkhanen en krekels. De effecten worden met deze monitoring pas zichtbaar na (minimaal) 6 jaar. Korte termijn effecten kunnen inzichtelijk gemaakt worden door monitoring van paddenstoelen, vegetatiesamenstelling en nachtvlinders.

- Verschillende paddenstoelen zijn zeer verzuringsgevoelig en veel kritische soorten zijn dan ook sterk achteruit gegaan. Maar paddenstoelen kunnen door verspreiding via sporen ook snel reageren op verbeterde omstandigheden. Er wordt 1 onderzoekslocatie geselecteerd waar in ver
- Nachtvlinders zijn betrekkelijk eenvoudig te inventariseren met lichtvallen e.d. In bossen en zijn een goede graadmeter voor de biodiversiteit.

Resultaten monitoring
De resultaten van de monitoring worden openbaar beschikbaar en de gegevens worden met provincie en stimulus gedeeld.

2.4 Start- en einddatum project

De looptijd van het project bedraagt 3 jaar en 7 maanden.
Startdatum 1 okt 2021 (binnen twee maanden na beschikking)
Einddatum 31 dec 2024

Voorbereidingskosten
Begin 2021 is door Bosgroep Zuid Nederland gestart met de voorbereiding van deze subsidieaanvraag. Ten behoeve van het indienen van deze subsidieaanvraag zijn door onze medewerkers uren besteed aan intern en extern overleg, het opstellen van het projectplan, begroting en benodigd kaartmateriaal en het indienen van de subsidieaanvraag via Stimulus. Deze uren zijn gemaakt in de periode 1 mei 2021 tot 1 juli 2021. Voor de voorbereiding van deze aanvraag is € 5000,- ter beschikking gesteld.

2.5 Omgevingseffecten

Er zijn geen omgevingseffecten te verwachten bij de aanplant of het strooien van steenmeel. Wel is het mogelijk dat door de werkzaamheden delen van de terreinen afgesloten moeten worden.
Hydrologische maatregelen worden uitsluitend binnen de natuurgebieden genomen en alleen op die plekken waar negatieve uitstralingseffecten naar de omgeving zijn uit te sluiten.

2.6 Risicofactoren, afhankelijkheden en randvoorwaarden

Risico	Strategie
Slecht aanslaan van de aanplant als gevolg van ongunstige weersomstandigheden, wildvraat, schaduwdruk of nutriënten tekort in de beginfase	*Planten schaduwverdragende soorten onder scherm voor beschutting, toepassen wildbeschermingsmiddelen waar wildvraat verwacht kan worden, startbemesting in plantgat, waterregulerende gelkorrels in plantgat*
Onvoldoende beschikbaarheid van plantmateriaal van goede kwalitatief (fysiek en genetisch)	*Aanschaf van plantsoen in contractteelt (door Staatsbosbeheer)*
Vertraging in levering steenmeel van juiste herkomst	*Steenmeel betrekken uit andere mijnen van overeenkomstige samenstelling*
Door slechte weersomstandigheden ontstaan van te natte terreinomstandigheden bij uitvoering van maatregelen op heide en uitvoering van hydrologische maatregelen.	*Uitvoering onder ecologische begeleiding, werk stil leggen en later continueren*
Planvorming, vergunningen niet tijdig gereed om in plantperiode winter 2021/2022 al te kunnen aanplant	*Projecttermijn verlengen tot 1 mei 2023 zodat ook nog in winter 2022/2023 kan worden aangeplant.*

3 Aansluiting bij selectiecriteria

Het project heeft tot doel het ongedaan maken van de fysieke, chemische en biologische gevolgen van stikstofdepositie uit het verleden en weerbaar maken van bos- en natuurterreinen voor de toekomst. Onderdeel daarvan is het versterken van de biodiversiteit. Het doel wordt bereikt door rijkstrooiselsoorten met verschillende intensiteit aan te planten. Hierdoor ontstaat er een gevarieerd bos en wordt de nutriëntenpomp weer herstart. Daarnaast zorgt de aangebrachte steenmeel dat de door stikstofdepositie uitgespoelde mineralen worden aangevuld. Delen die vernat kunnen worden, zijn vernat en zo wordt denitrificatie gestimuleerd. Dit alles heeft al in 2030 het gewenste effect, maar zal in de jaren daarna pas echt zichtbaar worden.

Binnen de looptijd van het project worden alle mogelijke maatregelen in het projectgebied genomen die momenteel beschikbaar en effectief zijn. Het gehele projectgebied wordt aangepakt. Er is binnen het projectgebied bepaald waar welke maatregelen gewenst zijn.

Binnen dit kader worden alle mogelijke maatregelen in het projectgebied genomen die momenteel beschikbaar en effectief zijn. Omdat het vanwege de omvang van de door stikstof aangetaste natuurgebieden onmogelijk is het hele oppervlak in één keer te behandelen én omdat de uitvoering veel maatwerk vereist, worden de maatregelen op een gedeelte van het totale gebied uitgevoerd.

Binnen dit project zijn, binnen de geschatte tijdsbestekken , de volgende ontwikkelingen te verwachten:

- Aanplant standaard:
    - Binnen 50 jaar een nieuwe generatie bos laten ontwikkelen op een geconcentreerde locatie vanwaar deze soorten zich kunnen gaan verspreiden door de rest van het bosgebied om zo een transitie in gang te zetten naar gezondere bossen.
    - Het verbeteren van de bodem met de aanplant van rijkstrooiselsoorten en zo de chemische balans van de bodem te herstellen.
- Aanplant extensief:
    - Inbrengen zaadbronnen die zich over 30 jaar kunnen gaan verspreiden en zo na 80 jaar na aanplant voor een nieuwe generatie loofbos te zorgen.
    - Op de lange termijn het verbeteren van de bodem met de aanplant van rijkstrooiselsoorten en zo de chemische balans van de bodem te herstellen.
- Aanplant intensief:
    - Snelle omvorming, al binnen 10 tot 20 jaar een nieuwe generatie bos laten ontwikkelen op een geconcentreerde locatie vanwaar deze soorten zich kunnen gaan verspreiden.
    - Op korte termijn het verbeteren/herstellen van de chemische balans in de bodem.

- Hydrologisch herstel:
    - Het herstellen van de waterhuishouding (binnen enkele jaren na uitvoering)
    - Het verbeteren van de chemische balans door aanvoer van mineralen, basen en kationen in het grondwater. (binnen enkele jaren na uitvoering)
    - Het weerbaarder maken van bomen tegen ziektes en plagen en daarmee het veerkrachtiger maken van de bossen.
- Steenmeel
    - Binnen 3 jaar een toename van kationen en mineralen in de bodem
    - Binnen 10 jaar verbetering vitaliteit o.a. eiken.

4 Begroting en financiering

Staatsbosbeheer vraagt voor het project 'Revitalisering Chaam-Strijbeek' 100% subsidie aan in het kader van het verlengde derde Plattelandsontwikkelingsprogramma 2014-2022 van Nederland (POP3). Het project draagt bij aan het innoveren en verduurzamen van bos- en heideterreinen in Noord-Brabant. Alle kosten met betrekking tot de te nemen maatregelen worden subsidiabel geacht.

Naar verwachting worden binnen het project geen inkomsten gegenereerd. Ook wordt naar verwachting na afloop van het project geen netto-inkomsten en/of besparingen gegenereerd.

Hiermee achten wij het projectvoorstel staatsteun-proof. Wij gaan er dan ook vanuit dat bij beschikking van de POP3 subsidieaanvraag 'Revitalisering Chaam-Strijbeek' het project door de subsidieverstrekker als staatsteun-proof wordt gezien.

4.1 Begroting

Verwacht u door het project inkomsten te genereren tijdens het project?	Nee
Verwacht u door het project netto-inkomsten en/of besparingen te generen na afloop van het project?	Nee

Voor de begroting waarin per begrotingspost is aangegeven uit welke kostensoorten die bestaat, verwijzen wij u naar bijlage 2.

4.2 Financiering

Financiering subsidiabele kosten	Begroting	%	Vast/proportioneel
Eigen Bijdrage	€ 0,00	0%	proportioneel
Overige financiering privaat	€ 0,00	0%	proportioneel
Overige financiering publiek	€ 0,00	0%	proportioneel
Gevraagde subsidie POP3	€ 949.678,04	100%	proportioneel
Totale financiering	€ 949.678,04	100%	proportioneel

5 Administratieve organisatie/interne beheersing

5.1 Administratieve organisatie, interne beheersing en projectadministratie

5.1.1 Administratieve organisatie

De project- en financiële administratie van Staatsbosbeheer wordt verzorgd door de afdeling Finance & Control. Het Team Administratie en Consolidatie verzorgt de dossiervorming en administratieve beheersing en afhandeling. Zij ondersteunen de projectleider bij de (tussentijdse) verantwoording en bewaken de (financiële) voortgang van het project.

Staatsbosbeheer zorgt voor de project- en financiële administratie waaronder de boekhouding van het project, de voorbereiding van eventuele audits en de controle op het correct gebruik van de projectgelden.

5.1.2 Projectadministratie

Staatsbosbeheer hanteert een overzichtelijke projectadministratie. Voor ieder project wordt een projectnummer aangemaakt waaraan alle belangrijke documenten worden gekoppeld. Per project wordt een urenregistratie, financiële administratie en inhoudelijke documentatie bijgehouden. Hierdoor is op eenvoudige wijze alle informatie met betrekking tot op het project te raadplegen. Het projectnummer komt terug op alle facturen en uurstaten die gekoppeld zijn aan het desbetreffende project. De kosten die daadwerkelijk zijn gemaakt ten behoeve van een project worden vastgelegd in de projectadministratie. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt in:

- Interne kosten (loonkosten / urenregistratie),
- Kosten derden (werken, leveringen en/of diensten),
- Inkomsten.

Staatsbosbeheer is een aanbestedende dienst en werkt conform een landelijk aanbestedingsbeleid.

5.2 Beginselen van goed financieel beheer

Het aanbestedingsreglement is gebaseerd op Europese Richtlijnen en die is vervolgens in de nationale wetgeving omgezet. De volgende richtlijnen, wettelijke kaders en regelingen zijn van toepassing of van belang:

- Europese richtlijn: Aanbestedingsregels voor overheidsopdracht van werken, leveringen en diensten;
- Nationale wetgeving: Aanbestedingswet
- Voor opdrachten van Werken aan werken gerelateerde diensten de aanvullende regeling: het Aanbestedingsreglement Werken.

60272 0060

Er worden vier basisvormen van aanbestedingswijzen onderscheiden:

- Enkelvoudige offertevraag,
- Meervoudige offertevraag,
- Nationaal openbaar aanbesteden,
- Europees openbaar aanbesteden met of zonder voorafgaande selectie.

Omdat het hier een project van boven de € 500.000,- dient er een RAW bestek opgesteld te worden op basis van BPKV. Daarbij wordt het aanbestedingsregelement van Staatsbosbeheer gehanteerd.

Inkoopproces

Staatsbosbeheer is een aanbestedende dienst. De dienst heeft het inkoopbeleid vastgesteld (oktober 2016) als basis voor doelmatig en rechtmatig inkopen. Enkele speerpunten uit het inkoopbeleid zijn: maatschappelijk verantwoord ondernemen, duurzaam inkopen, social return, inkopen tegen de meest optimale prijs/kwaliteit verhouding, total cost of ownership (TCO), producten marktverkenning, een professionele opdrachtgever zijn en administratieve lastenverlichting. Gehanteerde richtsnoeren onder de aanbestedingswet betreffen:

- Gids proportionaliteit
- ARW 2012 (voor werken en aan werken gerelateerde leveringen en diensten)

Bij aanbestedingen worden de volgende drempelbedragen gehanteerd: voor alle opdrachten boven €1.500,- wordt een inkooporder aangemaakt in het financieel systeem op de betreffende projectcode. Als de prestatie geleverd is en akkoord bevonden wordt een prestatieverklaring gemaakt waarna de factuur betaald wordt. De inkooporders en prestatieverklaringen zijn gekoppeld aan de betreffende projecten.

Staatsbosbeheer beleid m.b.t. Europese, Nationale en onderhandse drempelbedragen oktober 2016

Overeenkomst aanwezig:	Indien maar 1 contractpartij: direct afnemen bij contractpartij		
	Indien meerdere contractpartijen: nadere offerte ronde bij alle raamcontractpartners		
Geen overeenkomst aanwezig:			
Drempelbedrag*	**Werk**	**Levering**	**Dienst**
< 25.000	Enkelvoudig onderhands (min. 1 offerte)**	Enkelvoudig onderhands (min. 1 offerte)**	Enkelvoudig onderhands (min. 1 offerte)**
25.000 < 209.000	Meervoudig onderhands (min. 3 offertes)	Meervoudig onderhands (min. 3 offertes)	Meervoudig onderhands (min. 3 offertes)
209.000 < 1.000.000	Meervoudig onderhands (min. 3 offertes)	Europese procedure	Europese procedure
1.000.000 < 5.225.000	Nationaal aanbesteden	Europese procedure	Europese procedure
> 5.225.000	Europese procedure	Europese procedure	Europese procedure

** = totale jaarlijkse opdrachtwaarde dient gesaldeerd te worden over 4 jaar bij structurele afname en tevens bij cyclische, jaarlijks terugkerende, opdrachten*
*** = enkelvoudig onderhands betekent minimaal vooraf een schriftelijke vastlegging van de behoeftestelling (offerte en/of concept opdracht) waarop de verplichting wordt aangegaan*

Het vigerende inkoopbeleid Staatsbosbeheer is bij dit projectplan bijgevoegd als bijlage 9.

60272 0060

Betalingsproces
Facturen worden ingediend bij de crediteurenadministratie en zij registeren deze in het financieel systeem, waarna deze ter goedkeuring wordt voorgelegd aan de projectleider.

Urenregistratie
In het administratieve systeem wordt per project een projectnummer aangemaakt. Medewerkers die gekoppeld zijn aan het project kunnen daarop schrijven. Projectleider controleert en accordeert urenboekingen.

60272 0060

6 Promotie en publiciteit

Door boswachters publiek (verantwoordelijk voor de voorlichting en communicatie in de gebieden) zal op meerdere manieren duidelijk worden gemaakt dat uitvoering van maatregelen mogelijk is gemaakt met steun uit het Europees programma voor plattelandsontwikkeling. In het veld zal dat gebeuren tijdens excursies en/of voorlichtingsavonden die worden georganiseerd en het plaatsen van informatieborden / informatiepanelen. Ook zal dit op (social) media, zoals persberichten, website Staatsbosbeheer, vlogs etc. worden kenbaar gemaakt.

In alle publieke uitingen die in het kader van dit POP-project worden gedaan wordt gemeld dat het project gefinancierd is vanuit het Europees Landbouwfonds voor Plattelandsontwikkeling (ELFPO). Daarbij wordt het logo van de Europese Unie (de Europese vlag) duidelijk in beeld gebracht en wordt de volgende slagzin vermeld:

"Europees Landbouwfonds voor Plattelandsontwikkeling: Europa investeert in zijn platteland"

Alle promotie en publiciteit in het kader van het POP3-project worden uitgevoerd conform de gestelde eisen zoals opgenomen in bijlage 1 van het handboek POP3 Subsidie (bijlage 1 Voorschriften inzake promotie).

60272 0060

Literatuur en websites

Besselink, D., Logemann, D., van de Werfhorst, H., Jansen, A., & Reeze, B. 2017. Handboek ecohydrologische systeemanalyse beekdallandschappen. STOWA.

Bobbink, R. & L.P.M. Lamers, 1999. Effecten van stikstofhoudende luchtverontreiniging op vegetaties - een overzicht. University of Nijmegen. Nijmegen.

Bobbink, R., L. van den Berg, H. Tomassen & M. Weijters, 2013. Effecten van verhoogde stikstofdepositie: is herstelbeheer zinvol? De Levende Natuur 114(4): 138-142.

De Ruiter, J., W. Van Pul, J. Van Jaarsveld, E. Buijsman, M.-e. Natuurplanbureau & E.N. Luchtbeleid, 2006. Zuur-en stikstofdepositie in Nederland in de periode 1981-2002. Milieuen Natuurplanbureau Luchtkwaliteit en Europese Duurzaamheid Rapport 500037005: 2006.

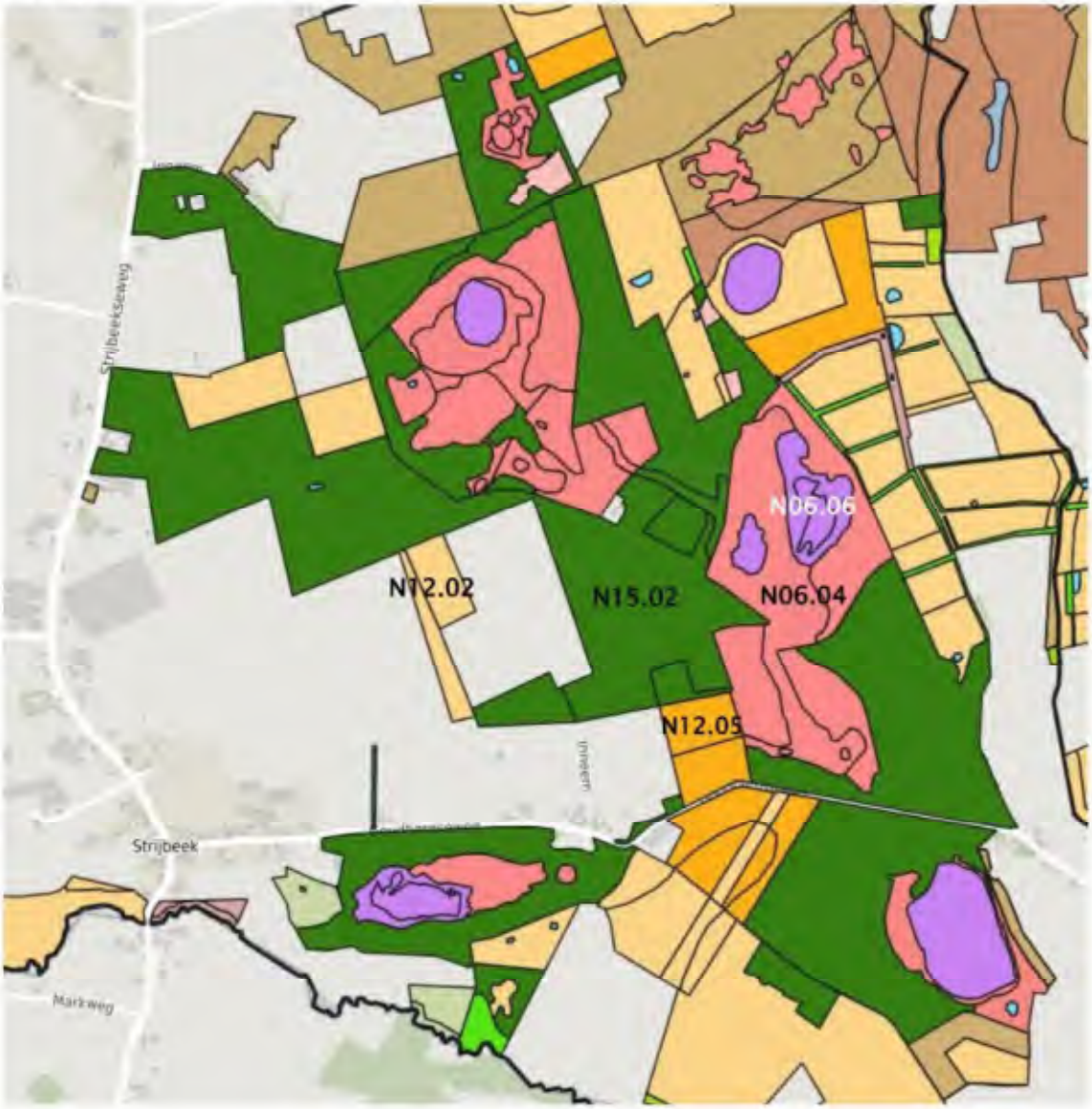
Dorland, E., R. Bobbink, J.H. Messelink & J.T.A. Verhoeven, 2003. Soil ammonium accumulation after sod cutting hampers the restoration of degraded wet heathlands. Journal-Of-Applied-EcologyOct 2003;@40: 804-814.

Härdtle, W., T. Niemeyer, T. Assmann, H. Meyer & G. Von Oheimb, 2007. Can prescribed burning compensate for atmospheric nutrient loads in wet heathlands? Phytocoenologia 37(2): 161-174.

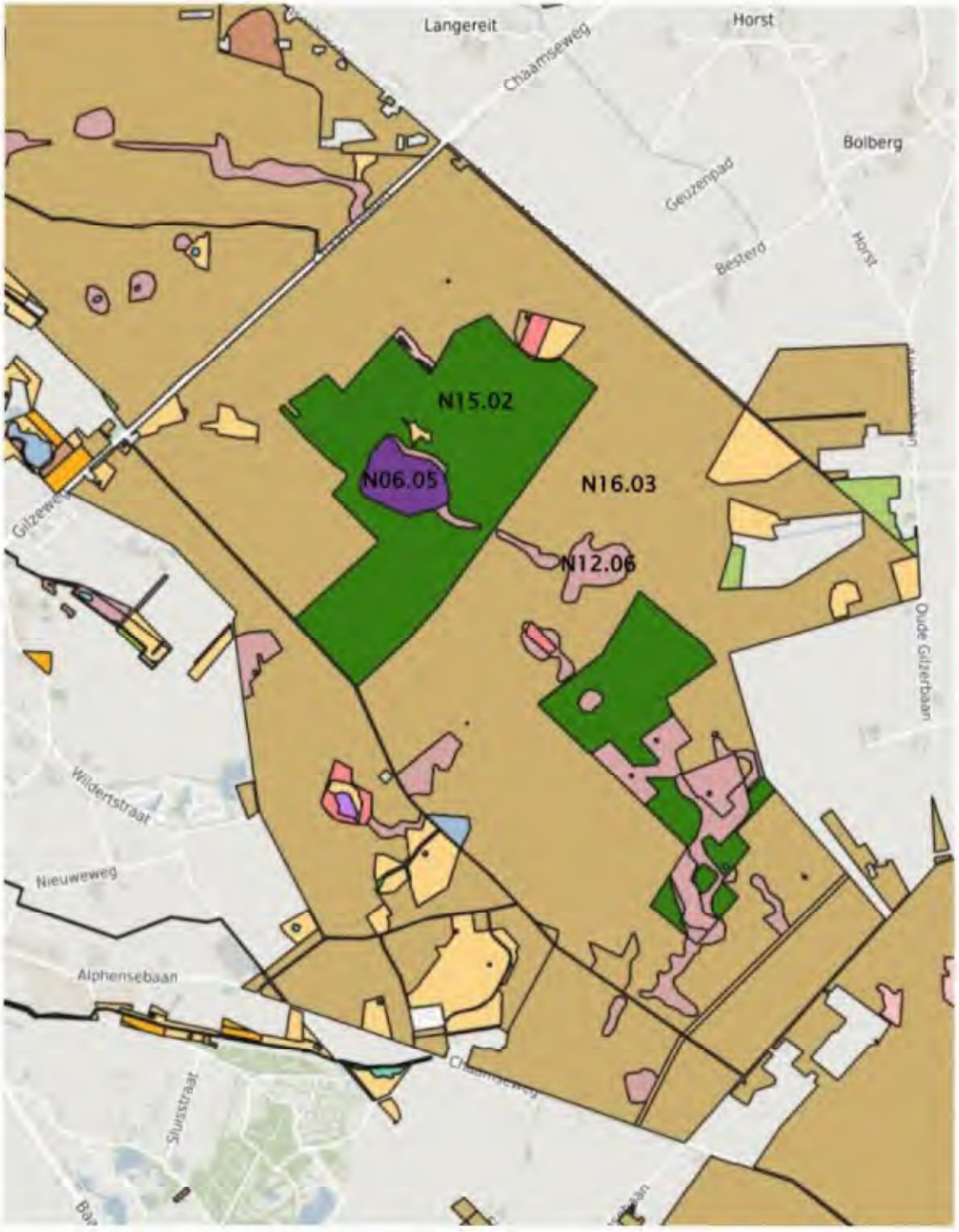
Lucassen, E., L.J.L. van den Berg, R. Aben, A. Smolders, J. Roelofs & R. Bobbink, 2014. Bodemverzuring en achteruitgang zomereik. Landschap 4: 184-193.

van den Berg, L.J.L., E. Dorland, P. Vergeer, M.A.C. Hart, R. Bobbink & J.G.M. Roelofs, 2005. Decline of acid-sensitive plant species in heathland can be attributed to ammonium toxicity in combination with low pH. New Phytologist 166(2): 551-564.

Bijlage 1a: Beheerkaarten



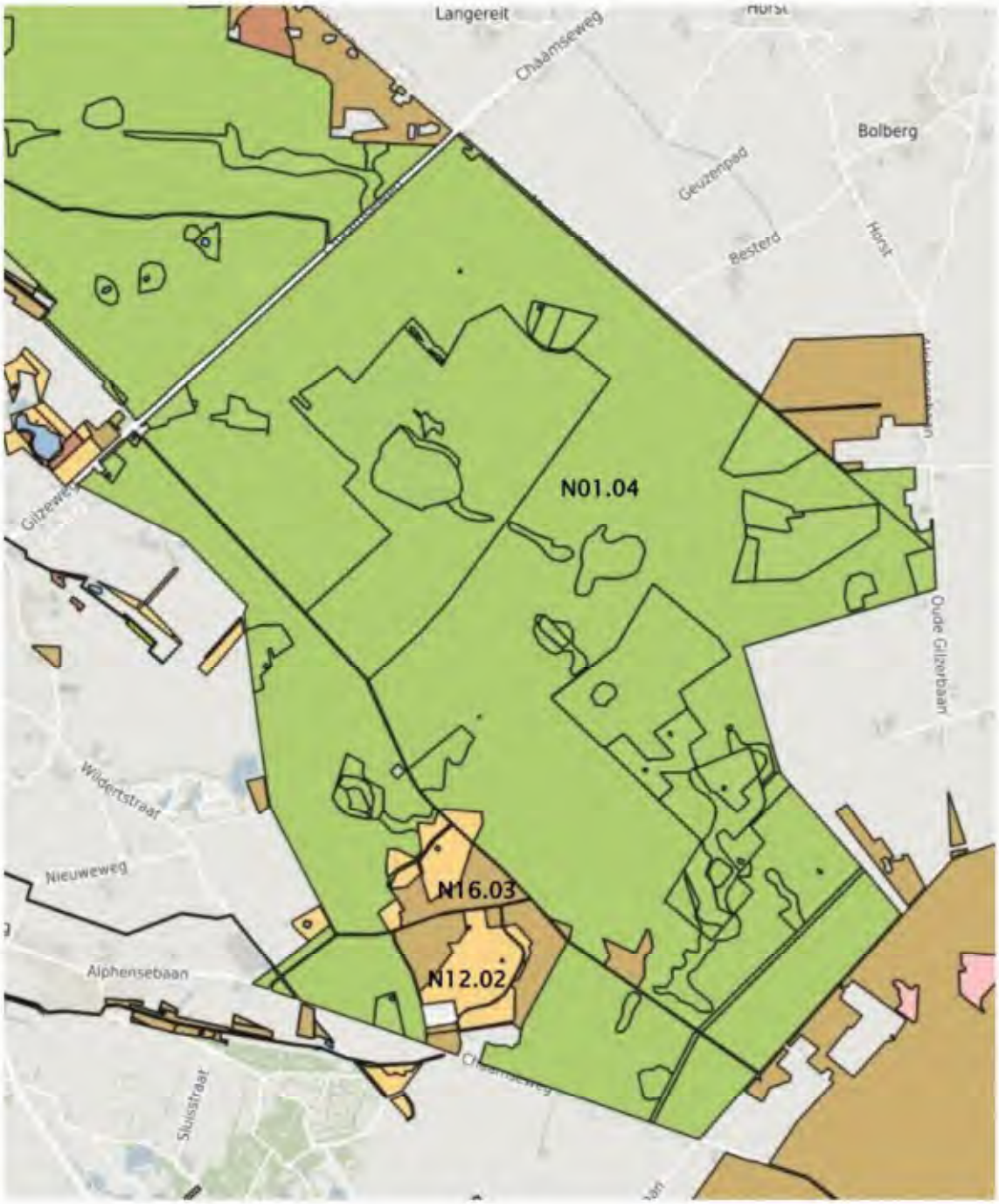
- N06.04 Vochtige heide
- N06.06 Zuur ven en hoogveenven
- N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland
- N12.05 Kruiden- en faunarijke akker
- N15.02 Dennen-, eiken- en beukenbos



- N06.05 Zwak gebufferd ven
- N12.06 Ruigteveld
- N15.02 Dennen-, eiken- en beukenbos
- N16.03 Droog bos met productie

Bijlage 1b: Ambitiekaarten

- N06.04 Vochtige heide
- N06.06 Zuur ven en hoogveenven
- N07.01 Droge heide
- N11.01 Droog schraalgrasland
- N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland
- N12.05 Kruiden- en faunarijke akker
- N15.02 Dennen-, eiken- en beukenbos



- N01.04 Zand en kalklandschap
- N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland
- N16.03 Droog bos met productie

bosgroepen.nl

Staatsbosbeheer.nl

Droogte-evaluatie Noordoost Twente

Springendal, Lemselermaten, Punthuizen, Stroothuizen en Haaksbergerveen

5.1.2e

Droogte-evaluatie
Noordoost Twente

Afstudeeronderzoek in het kader van het afstudeerproject van de opleiding Milieukunde, specialisatie Natuur en Milieu

---

Auteur	5.1.2e
	5.1.2e @hvhl.nl
Student nummer	5.1.2e
Versie	3
Plaats	Arnhem
Datum	Juni 2020
Organisatie	Staatsbosbeheer
Opdrachtgever	5.1.2e
Hogeschool	Van Hall Larenstein
Begeleiders HVHL	5.1.2e, 5.1.2e

---

staatsbosbeheer

van hall larenstein
university of applied sciences

VOORWOORD

Dit is de scriptie over de 'Droogte-evaluatie van Noordoost Twente'. Dit onderzoek is geschreven in het kader van mijn afstudeeropdracht voor de opleiding Milieukunde aan Van Hall Larenstein (Leeuwarden) in opdracht van Staatsbosbeheer. Binnen de droogte-evaluatie zijn de natuurgebieden Springendal, Punthuizen, Stroothuizen, Lemselermaten en Haaksbergerveen geanalyseerd. Met deze analyses zijn de effecten van de meteorologische droogte van 2018 en 2019 bepaald op de verschillende onderzoeksgebieden.

De opdracht is van begin tot eind een passende uitdaging geweest en heeft ervoor gezorgd dat ik nieuwe vaardigheden heb ontwikkeld en ontdekt heb bij mijzelf. Het schrijven van dit rapport is hierbij de afronding van mijn studie. Ik wil mijn begeleidende docenten 5.1.2e en 5.1.2e bedanken voor de begeleiding en de kritische kijk op de uitwerking van dit rapport. In het bijzonder wil ik mijn stagebegeleider 5.1.2e bedanken voor zijn uitermate goede begeleiding. 5.1.2e heeft ontzettend veel kennis waarvan ik heb mogen leren. De kritische feedback, het enthousiasme en het begrip van zijn kant heeft ervoor gezorgd dat ik de afstudeeropdracht als zeer prettig en leerzaam heb ervaren.

5.1.2e

Arnhem, juni 2020

60273 0061

SAMENVATTING

In 2018 en 2019 was er op de hogere zandgronden in Nederland sprake van uitzonderlijke droogte. Die droogte heeft impact op, aan natte omstandigheden gebonden, flora en fauna in de terreinen van Staatsbosbeheer. Uit veldwaarnemingen blijkt dat de impact van droogte op de bodem, flora en fauna verschillend lijkt uit te pakken in verschillende gebieden terwijl er een vergelijkbaar neerslagtekort optrad in 2018 en 2019. Een kwantificering van effecten op basis van monitoringsgegevens is echter nog niet beschikbaar. Verder wordt er in de verschillende natuurgebieden op verschillende manieren gemonitord voor verschillende doeleinden. Daardoor zijn er vaak geen gelijkwaardige gegevens beschikbaar voor de te onderzoeken terreinen van Staatsbosbeheer. Om de effecten van de droogte in kaart te brengen is nog niet bekend welke monitorings-methode het meest geschikt is.

Het doel van het onderzoek is het kwantitatief beschrijven van de effecten van droogte in 2018 en 2019 op basis van monitoringsgegevens (hydrologie en vegetatie). Op basis van deze gegevens dient een vergelijking te worden gemaakt van de onderzoeksgebieden. Hierin wordt beschreven in welke mate de effecten van de droogte in de zomer van 2018 en 2019 verschillend zijn per natuurgebied. Daarnaast wordt er geëvalueerd op de verschillende monitoringsmethoden waarmee de droogte in kaart is gebracht. Hiervoor luidt de onderzoeksvraag: In welk mate heeft de meteorologische droogte van 2018 en 2019 impact gehad op de van (grond)waterafhankelijke systemen in Noordoost Twente?

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden wordt er gebruik gemaakt van de monitoringsgegevens van de hydrologie, in de vorm van grondwaterstandsmeetreeksen, en de vegetatie, in de vorm van vegetatiekarteringen, permanente kwadraten (PQ) en transectkarteringen. Deze gegevens worden geanalyseerd en omgezet naar standplaatscondities waarbij getracht wordt de gegevens van de hydrologie en de vegetatie te vergelijken. Uit de analyses blijkt dat de mate waarin de effecten doorwerken in de verschillende natuurgebieden afhangt van de neerslagafhankelijkheid en de afhankelijkheid van lokale grondwaterstromingen, maar ook de effecten op van regionaal (grond)waterafhankelijke gebieden zijn groter dan verwacht.

Op basis van dit onderzoek wordt aangeraden om de effecten van de droogte in het vervolg in kaart te brengen m.b.v. doelgerichte monitoringsmethodes in de vorm van peilbuisgegevens en permanente kwadraten (PQ). Het is aanbevolen om uitgebreider onderzoek te verrichten naar de verschillende monitoringsmethoden.

SUMMARY

In the Netherlands there was a period of exceptional drought in 2018 and 2019 at the higher sandy grounds. The drought has impacted the flora and fauna bound to wet conditions in the nature reserves of Staatsbosbeheer. Field observations have shown a different impact on soil, flora and fauna in different reserves even though the precipitation on those areas was similar in 2018 and 2019. A quantification of the effects based on the monitoring data has not yet been made. Furthermore, in the different reserves the method of monitoring varies to reach diverse goals. This results in various kinds of datasets used for the to research reserves of Staatsbosbeheer. To analyze the effects of the drought there is not yet known which monitoring method is most appropriate.

The goal of the research is to quantify and qualify the effects of the drought in 2018 and 2019 based of the monitoring data (hydrology and vegetation). Based on these results a comparison is made between the researched reserves. It describes to what extent the effects of the drought in the summer of 2018 and 2019 differ per nature reserve. Thereafter, an evaluation is made of the various monitoring methods used to map the drought. The research question follows: To what extent did the meteorological drought of 2018 and 2019 have an impact on the (ground)water-dependent systems in Northeast Twente?

To answer the research question, monitoring data of the hydrology, in the form of groundwater level measurements, and vegetation, in the form of vegetation mapping and permanent squares, are being used. These results are analyzed and converted to location conditions to attempt to compare the hydrology and the vegetation. The analyzes show that the extent to which the effects have an effect in the various nature areas relates to the dependence on precipitation and local groundwater flows, but also the effect on regional groundwater dependent areas are bigger than expected.

Based on this research it is recommended to use goal related monitoring methods in the form of well data and permanent squares, to get a picture of the effects of the drought. This it is suggested to do further research on the different monitoring methods

FIGURENLIJST

Figuur 1: Onderzoeksgebieden 15
Figuur 2: Locatie dwarsdoorsnede Springendal 16
Figuur 3: Dwarsdoorsnede Springendal onder gemiddelde weersomstandigheden. 16
Figuur 4: Locatie dwarsdoorsnede Lemselermaten 18
Figuur 5: Dwarsdoorsnede Lemselermaten onder gemiddelde weersomstandigheden. 18
Figuur 6: Locatie dwarsdoorsnede Punthuizen (beneden) en Stroothuizen (boven). 20
Figuur 7: Dwarsdoorsnede Punthuizen onder natte omstandigheden in de winter. 21
Figuur 8: Dwarsdoorsnede Stroothuizen onder natte omstandigheden in de winter. 22
Figuur 9: Dwarsdoorsnede Haaksbergerveen onder natte weersomstandigheden. 23
Figuur 10: Locatie dwarsdoorsnede Haaksbergerveen 24
Figuur 11: Meetgegevens van de neerslag en verdamping van het KNMI 32
Figuur 12: Luchtfoto van het Springendal 33
Figuur 13: Kweldruk van de grondwaterstanden in peilbuis SPR1 34
Figuur 14: Kweldruk van de simulaties in peilbuis SPR4 34
Figuur 15: Vegetatiekartering met de gvg indicatiewaardes van het Springendal 36
Figuur 16: Vegetatiekartering met de pH indicatiewaardes van het Springendal 37
Figuur 17: Luchtfoto Lemselermaten 38
Figuur 18: Kweldruk van de simulaties in peilbuis LEM5 39
Figuur 19: Kweldruk van de simulaties in peilbuis LEM3 39
Figuur 20: De GxG volgens de standplaatscondities van de vegetatie en de hydrologie 40
Figuur 21: Zuurgraad en vochtgehaltes van de PQ Kleuver en -Hofstra 41
Figuur 22: Luchtfoto van Punthuizen en Stroothuizen 42
Figuur 23: Simulaties van peilbuis PUN2 43
Figuur 24: Simulaties van peilbuis STR1 43
Figuur 25: Kweldruk van de simulaties in peilbuis STR1 44
Figuur 26: Vegetatiekartering met de gvg indicatiewaardes van Punthuizen 45
Figuur 27: Vegetatiekartering met de gvg indicatiewaardes van Stroothuizen 46
Figuur 28: Vegetatiekartering met de pH indicatiewaardes van Punthuizen 47
Figuur 29: Vegetatiekartering met de pH indicatiewaardes van Stroothuizen 48
Figuur 30: Luchtfoto van Punthuizen en Stroothuizen 49
Figuur 31: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis HAA2, HAA3 en HAA4 50
Figuur 32: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis HAA5, HAA6, HAA7 en HAA8 50
Figuur 33: Verandering van het totaalaantal veenmossen 51
Figuur 34: Verandering van de veenmosgroepen 52
Figuur 35: Dwarsdoorsnedes Springendal 56
Figuur 36: Dwarsdoorsnedes Lemselermaten 57
Figuur 37: Dwarsdoorsnedes Punthuizen 58
Figuur 38: Dwarsdoorsnedes Stroothuizen 59
Figuur 39: Dwarsdoorsnedes Haaksbergerveen 60
Figuur 40: Luchtfoto Springendal 68
Figuur 41± Luchtfoto Lemselermaten 69
Figuur 42: Luchtfoto Punthuizen en Stroothuizen 70
Figuur 43: Luchtfoto Haaksbergerveen 71
Figuur 44: Hoogtekaart Springendal met de gebiedsbegrenzing en de peilbuislocaties 72
Figuur 45: Hoogtekaart Lemselermaten met de gebiedsbegrenzing en de peilbuislocaties 73
Figuur 46: Hoogtekaart Punthuizen en Stroothuizen met de gebiedsbegrenzing en de peilbuislocaties 74
Figuur 47:Hoogtekaart Haaksbergerveen met de gebiedsbegrenzing en de peilbuislocaties 75
Figuur 48: De bodemkaart van het Springendal. 76
Figuur 49: De bodemkaart van de Lemselermaten. 77
Figuur 50: De bodemkaart van Punthuizen en Stroothuizen. 78
Figuur 51: De bodemkaart van het Haaksbergerveen. 79
Figuur 52: De geomorfologische kaart van het Springendal. 80

60273 0061

Figuur 53: De geomorfologische kaart van de Lemselermaten. 81
Figuur 54: De geomorfologische kaart van Punthuizen en Stroothuizen. 82
Figuur 55: De geomorfologische kaart van het Haaksbergerveen. 83
Figuur 56: Meetgegevens van de neerslag en verdamping van het KNMI 86
Figuur 57: Validatie SPR3 filter 1 88
Figuur 58: Validatie SPR3 filter 3 88
Figuur 59: Validatie PUN2 filter 1 89
Figuur 60: Validatie LEM3 filter 1 89
Figuur 61: Validatie LEM3 filter 2 90
Figuur 62: Validatie B28H1804 filter 1 90
Figuur 63: Validatie B28H1805 filter 1 91
Figuur 64: Grondwaterstandsmetingen van peilbuis SPR1 102
Figuur 65: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis SPR2 102
Figuur 66: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis SPR3 102
Figuur 67: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis SPR4 103
Figuur 68: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis LEM1 106
Figuur 69: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis LEM2 106
Figuur 70: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis LEM3 106
Figuur 71: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis LEM4 108
Figuur 72: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis LEM5 108
Figuur 73: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis LEM6 108
Figuur 74: Luchtfoto van alle peilbuizen met de NITG-code in de Lemselermaten. 109
Figuur 75: Tijdreeksmodel van peilbuis B28H1804 110
Figuur 76: Tijdreeksmodel van peilbuis B28H1805 110
Figuur 77: Tijdreeksmodel van peilbuis B28H1882 111
Figuur 78: Tijdreeksmodel van peilbuis B28H1808 111
Figuur 79: Tijdreeksmodel van peilbuis B28H1884 111
Figuur 80: Tijdreeksmodel van peilbuis B28H1883 112
Figuur 81: Simulatie peilbuis LEM3 o.b.v. de verdampingsgegevens van het weerstation De Bilt. 113
Figuur 82: Simulaties van peilbuis PUN1 114
Figuur 83: Simulaties van peilbuis PUN2 115
Figuur 84: Simulaties van peilbuis STR1 116
Figuur 85 Simulaties van peilbuis STR2 116
Figuur 86: Punthuizen tijdens een droge winter. 117
Figuur 87: Punthuizen tijdens een natte winter. 117
Figuur 88: Pyrietoxidatie in Stroothuizen 118
Figuur 89: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis HAA1 120
Figuur 90: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis HAA2, HAA3 en HAA4 122
Figuur 91: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis HAA5, HAA6, HAA7 en HAA8 122
Figuur 92: Verandering van de verschillende veenmossoorten van 2012 en 2019 in transect 1. 126
Figuur 93: Verandering van de verschillende veenmossoorten van 2012 en 2019 in transect 2. 127
Figuur 94: Verandering van de verschillende veenmossoorten van 2012 en 2019 in transect 3. 127
Figuur 95: Verandering van de verschillende veenmossoorten van 2012 en 2019 in transect 4. 128
Figuur 96: Verandering van de verschillende veenmossoorten van 2012 en 2019 in transect 5. 128
Figuur 97: Verandering van de verschillende veenmossoorten van 2012 en 2019 in transect 6. 129
Figuur 98: Verandering van de verschillende veenmossoorten van 2012 en 2019 in transect 7. 129
Figuur 99: Vegetatiekartering van het Haaksbergerveen 130
Figuur 100: Duurlijnen SPR3 131
Figuur 101: Duurlijnen SPR4 na herstelmaatregelen 132
Figuur 102: Duurlijnen SPR4 voor herstelmaatregelen 132
Figuur 103: Duurlijnen LEM3 133
Figuur 104: Duurlijnen LEM5 133
Figuur 105: Duurlijnen PUN2 134
Figuur 106: Duurlijnen STR1 135

Figuur 107: Duurlijnen STR2 135
Figuur 108: Duurlijnen HAA1 136
Figuur 109: Duurlijnen HAA4 136
Figuur 110: Duurlijnen HAA6 137
Figuur 111: Duurlijnen HAA8 137

TABELLENLIJST

Tabel 1: Toelichting van de reeksen uit de grafiek van de meteorologie 27
Tabel 2: Gegevens van de GIS-kaarten afkomstig uit Iteratio 29
Tabel 3: Groepering van de verschillende veenmossoorten 30
Tabel 4: Toelichting kwantificatiekolommen 30
Tabel 5: Kwantificering onderzoeksgebieden 54
Tabel 6: Metadatatabel peilbuizen 84
Tabel 7: Metadatatabel overige peilbuizen Lemselermaten 85
Tabel 8: Kopgegevens van de Kleuver PQ 92
Tabel 9: Kopgegevens van de Hofstra PQ 93
Tabel 10: Benodigde monitoringsdata 139
Tabel 11: Voor- en nadelen van de vegetatiekartering 140
Tabel 12: Voor- en nadelen van de permanente kwadraten 140
Tabel 13: Voor- en nadelen van de transectkarteringen 140

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord 4
Samenvatting 5
Summary 6
Figurenlijst 7
Tabellenlijst 10
1 Inleiding 13
1.1 Probleemstelling 13
1.2 Doelstelling 13
1.3 Leeswijzer 14
2 Gebiedsbeschrijving 15
2.1 Springendal 16
2.1.1 Hydrologie 16
2.1.2 Bodem 17
2.1.3 Vegetatie 17
2.1.4 Problematiek 17
2.2 Lemselermaten 18
2.2.1 Hydrologie 18
2.2.2 Bodem 19
2.2.3 Vegetatie 19
2.2.4 Problematiek 19
2.3 Punthuizen-Stroothuizen 20
2.3.1 Hydrologie 20
2.3.2 Bodem 20
2.3.3 Vegetatie 21
2.3.4 Problematiek 22
2.4 Haaksbergerveen 23
2.4.1 Hydrologie 23
2.4.2 Bodem 24
2.4.3 Vegetatie 24
2.4.4 Problematiek 24
3 Hypothese 25
3.1 Springendal 25
3.2 Lemselermaten 25
3.3 Punthuizen-Stroothuizen 25
3.4 Haaksbergerveen 26

60273 0061

4 Methode 27
4.1 Meteorologie 27
4.1.1 Databewerking 27
4.2 Waterkwantiteit 28
4.2.1 Peilbuisgegevens 28
4.2.2 Indicatiewaarden vegetatie 29
4.3 Synthese 30
5 Resultaten 31
5.1 Meteorologie 31
5.2 Onderzoeksgebieden 33
5.2.1 Springendal 33
5.2.2 Lemselermaten 38
5.2.3 Punthuizen en Stroothuizen 42
5.2.4 Haaksbergerveen 49
5.3 Synthese 53
5.3.1 GLG 53
5.3.2 Overschrijdingsduur 53
6 Conclusie 55
6.1 Aanbevelingen 61
7 Discussie 63
8 Bibliografie 65
Bijlagen 67

1 INLEIDING

De gebieden van Staatsbosbeheer in de planeenheid Noordoost Twente zijn zeer divers. Staatsbosbeheer beheert hier regenwaterafhankelijke hoogvenen (Engbertsdijksvenen, Haaksbergerveen), gebieden met vennen, natte heide en kwelafhankelijk blauwgraslanden afhankelijk van lokale grondwatersystemen (Punthuizen, Stroothuizen) en gebieden met kwelafhankelijk schraalgraslanden en broekbossen die afhankelijk zijn van toestroom van grondwater uit grotere (boven)lokale grondwatersystemen in de winter (Lemselermaten, Agelerbroek, Voltherbroek) en gebieden die permanent sterk kwel gevoed zijn (Springendal).

De mate waarin de effecten werden waargenomen van de droogte van de afgelopen 2 jaar (2018 en 2019) in de natuurgebieden van Staatsbosbeheer zijn verschillend. De hypothese is dat enerzijds verschillen in geohydrologische situatie en anderzijds verschillen in de kwetsbaarheid van met name de vegetatie hierin een rol spelen. Daarnaast speelt een rol in hoeverre terreinen onder normale omstandigheden reeds te maken hebben met structurele verdroging (te lage grondwaterstanden, vermindering van kwel) en of in er het verleden effectieve hydrologische maatregelen zijn genomen om deze structurele verdroging te verminderen of op te heffen.

Effecten van droogte zullen minder snel zichtbaar zijn in gebieden met sterke aanvoer van grondwater middels kwel. Tegelijkertijd zijn de vegetatietypen die hier voorkomen extreem gevoelig voor kleine grondwaterstandsdalingen of het wegvallen van kwel. Oftewel een klein hydrologisch effect kan een groot ecologisch effect veroorzaken. Hoogvenen zijn voor hun waterhuishouding vrijwel geheel aangewezen op regenwater dat in het gebied valt. De hoeveelheid neerslag, verdamping en waterverliezen naar de omgeving zijn hier bepalend voor de wijze waarop droogte doorwerkt op de vegetatiestructuren en bijbehorende fauna. De kwel gevoede systemen uit lokale en bovenlokale grondwatersystemen zijn gevoelig voor verzuring door verminderde of de afwezigheid van kwelstroming in de winter na een droge zomer en voor het te diep wegzakken van grondwaterstanden in droge zomers (droogtestress).

In een deel van de gebieden bestaat de bodem uit veen (hoogvenen en enkele beekdalen) en andere gebieden uit zand. Droogte zal hier verschillend doorwerken op standplaatscondities (vochtvoorziening en zuurgraad). Met name het optreden van irreversibele processen in veenbodem (veraarden van veen) is hierbij belangrijk.

In het kader van toekomstige effecten van klimaatverandering en de gevolgen daarvan zoals watertekort en daardoor langere droogteperiodes wordt er een droogte-evaluatie uitgevoerd voor de natuurgebieden (Springendal, Punthuizen, Stroothuizen, Lemselermaten en Haaksbergerveen) in Noordoost Twente van Staatsbosbeheer.

1.1 PROBLEEMSTELLING

In 2018 en 2019 was er op de hogere zandgronden in Nederland sprake van uitzonderlijke droogte. Die droogte heeft impact op aan natte omstandigheden gebonden flora en fauna in de terreinen van Staatsbosbeheer. Uit veldwaarnemingen blijkt dat de impact van droogte op de bodem, flora en fauna verschillend lijkt uit te pakken in verschillende gebieden terwijl er een vergelijkbaar neerslagtekort optrad in 2018 en 2019. Een kwantificering van effecten op basis van monitoringsgegevens is echter nog niet beschikbaar.
Daarbij wordt er in de verschillende natuurgebieden op verschillende manieren gemonitord voor verschillende doeleinden. Daardoor zijn er vaak geen gelijkwaardige gegevens beschikbaar voor de te onderzoeken terreinen van Staatsbosbeheer. Het is nog niet bekend welke monitorings-methode het meest geschikt is om de effecten van de droogte in kaart te brengen.

1.2 DOELSTELLING

Het doel van het onderzoek is het kwantitatief beschrijven van de effecten van droogte in 2018 en 2019 op basis van monitoringsgegevens (waterkwantiteit en vegetatie). Op basis van deze gegevens dient een vergelijking te worden gemaakt van de onderzoeksgebieden. Hierin wordt beschreven in welke mate de effecten van de droogte in de zomer van 2018 en 2019 verschillend zijn per natuurgebied. Ook wordt er geëvalueerd op de verschillende onderzoeksmethoden waarmee de droogte in kaart is gebracht.

Hoofdvraag:

- In welke mate heeft de meteorologische droogte van 2018 en 2019 impact gehad op de van (grond)waterafhankelijke systemen in Noordoost Twente?

Deelvragen:

- Hoe groot was de meteorologische droogte in Noordoost Twente?
- Wat is de mate van de effecten van de meteorologische droogte op de grondwaterstanden
- Wat is de mate van de effecten van meteorologische droogte op de gxg o.b.v. standplaatscondities van de vegetatie en de indicatiewaarden van de veenmossen?
    - ↳ In hoeverre is het mogelijk om de verschillende monitoringsmethoden te vergelijken met de peilbuisgegevens
- Wat is de mate van de effecten van de meteorologische droogte op de bodem-pH o.b.v. de standplaatscondities van de vegetatie?

1.3 LEESWIJZER

In het rapport komen de volgende onderdelen aan bod. In **hoofdstuk 2** is per onderzoeksgebied een korte gebiedsbeschrijving gemaakt. Hier wordt aan de hand van een dwarsdoorsnede de hydrologie, de bodemopbouw en de vegetatie kort toegelicht. In **hoofdstuk 3** zijn, per onderzoeksgebied, de verwachte effecten van de meteorologische droogte beschreven in de hypothese. In **hoofdstuk 4** is de methode weergegeven. In **hoofdstuk 5** worden alle resultaten op een rijtje gezet. Hier wordt als eerste de mate van de meteorologische droogte weergegeven waarna dit wordt opgevolgd door de resultaten van de hydrologie en de vegetatie per onderzoeksgebied en een synthese met de kwantificering van de onderzoeksgegevens. De conclusie met de bijbehorende aanbevelingen komen aan bod in **hoofdstuk 6**. Tot slot volgt de discussie in **hoofdstuk 7**.

2 GEBIEDSBESCHRIJVING

De locaties van de gebieden, Springendal, Punthuizen, Stroothuizen, Haaksbergerveen en Lemselermaten, zijn in figuur 1 weergegeven. Per onderzoeksgebied is a.d.h.v. een dwarsdoorsnede het hydrologisch functioneren, de ondergrond en de vegetatie kort toegelicht.

Figuur 1: Onderzoeksgebieden (Springendal, Punthuizen-Stroothuizen, Haaksbergerveen en Lemselermaten)

2.1 SPRINGENDAL

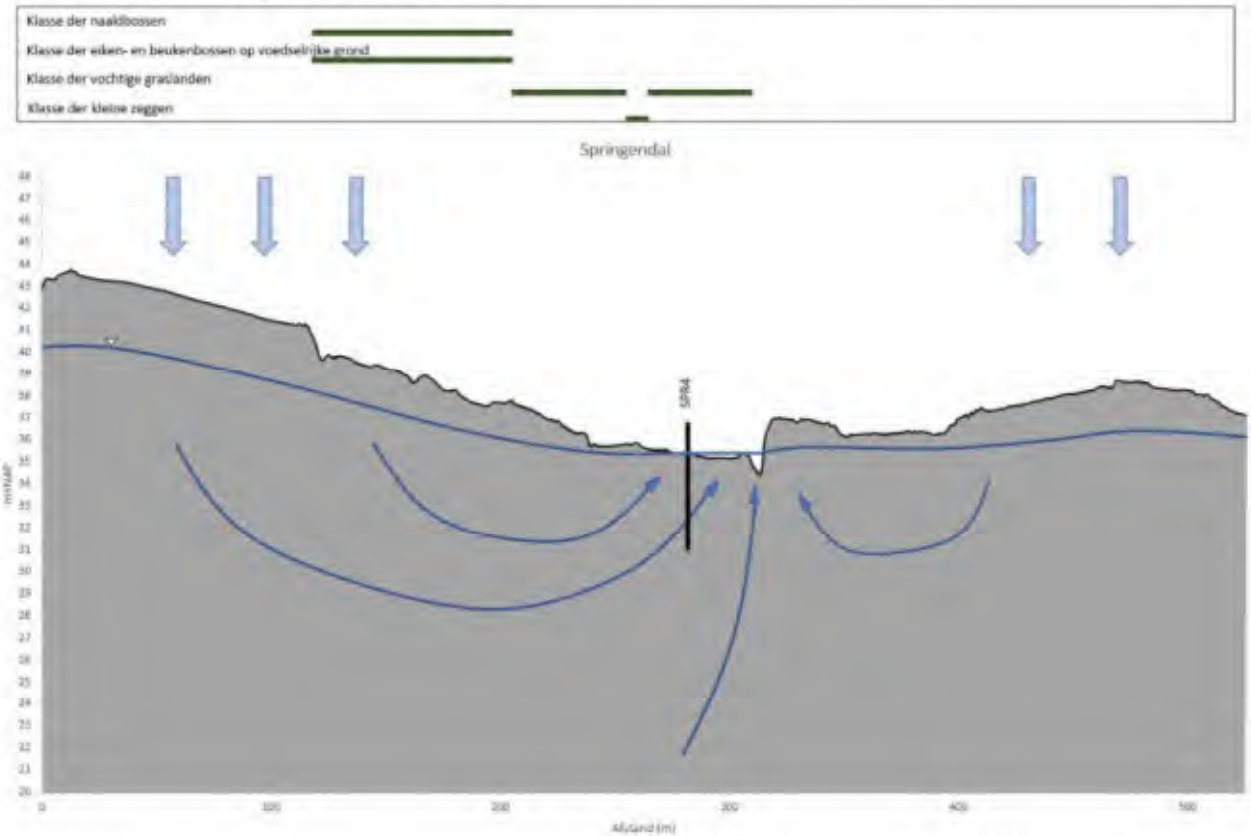
Een overzichtskaart van de gebiedsgrenzen van het Springendal d.m.v. een luchtfoto is weergegeven in figuur 40 in bijlage 1. Het Springendal bevindt zich op de oostzijde van de stuwwal van Ootmarsum. Het natuurgebied bevindt zich ten zuiden van de Nederlands-Duitse landsgrens. Aan de zuidkant van het natuurgebied ligt Ootmarsum en ten westen (tevens aan de westkant van de stuwwal van Ootmarsum) ligt Hezingen. Het Springendal is een natuurgebied welke permanent onder invloed staat van sterke kwelstroming.

Figuur 2: Locatie dwarsdoorsnede Springendal

2.1.1 Hydrologie

In het Springendal bevinden zich meerdere grondwatersystemen. Door plotseling snelle dalingen van het maaiveld is de grondwaterstand niet in staat om snel genoeg mee te bewegen (zie hoogtekaart figuur 44, bijlage 2). Hierdoor snijdt het maaiveld het ondiepe freatisch watervoerende pakket aan (zie figuur 3) wat resulteert in permanente bronnen in het gebied (van Dongen, 2011). Doordat in de ondiepe ondergrond een dik pakket met keileem in de bodem zit, met een slechte doorlatendheid, zorgt dit ervoor dat het grondwater niet snel wordt afgevoerd. Hierdoor is de toevoer van water in de winter en in de zomer nagenoeg gelijk in deze bronnen (van der Aa, et al., 1999).

De Springendalse Beek ontstaat uit twee bovenstroomse lopen, de noord- en zuidtak. De noordelijke loop wordt gevoed door bronnen gelegen in het natuurgebied. De zuidelijke loop wordt voor het grootste deel gevoed met water afkomstig van afstomend water van landbouwpercelen. Er is sprake van piekafvoeren, door drainage en afvoer over maaiveld van de landbouwpercelen, en nutriënten overschot in de zuidelijke loop en in de middenloop via aanvoer van water vanuit de Nutterse veldbeek. Uiteindelijk komen beide bovenlopen samen in de middenloop van de Springendalse Beek. De beek ontvangt in het eerste traject nog water vanuit drie kwelvijvers (van der Aa, et al., 1999). De beek mondt uiteindelijk uit in de Dinkel.



Figuur 3: Dwarsdoorsnede Springendal onder gemiddelde weersomstandigheden. In de dwarsdoorsnede is het hydrologisch functioneren aangeduid. In figuur 2 is de locatie van de dwarsdoorsnede zichtbaar.

2.1.2 Bodem

In de dwarsdoorsnede in figuur 3 is een schematische schets van de ondergrond van het Springendal. Hier is het gestuwde materiaal zichtbaar. In figuur 48 en 52 in bijlage 2 en 3 staat de bodemkaart en de geomorfologische kaart van het Springendal. De diepere ondergrond van het Springendal bestaat uit gestuwd materiaal. De stuwwal bestaat uit Tertiaire afgezet materiaal dat van oorsprong bestaat uit mariene- en fluviatiele afzettingen. Deze afzettingen werden later overdekt met Vroeg-Pleistocene afzettingen (o.a. grindige en grofzandige fluviatiele afzettingen, keileem en fluvioperiglaciale afzettingen) en mogelijk ook Laat-Pleistoceen dekzand (Bijlsma et al., 2016).

2.1.3 Vegetatie

In de dwarsdoorsnede in figuur 3 staan de SBB-vegetatietypen. De oorspronkelijke vegetatie van het Springendal bestond uit goed ontwikkelde Goudveil-Elzenbronbossen, Elzenzegge-Elzenbossen, Weidebrongemeenschappen, Veldrusschraallanden, mesotrofe Kleine zeggenmoerassen en plaatselijk Grote zeggengemeenschappen (Jalink, Kemmers, Stortelder, & de Waal, 2004). Tegen de dalflanken en op het stuwwalplateau kwamen Eiken-berkenbos, Beuken-eikenbos, vochtige en drogeheiden en aanplanten van naaldhout voor.
De huidige vegetatietypen zijn door verdroging en verzuring en plaatselijke eutrofiëring in het Springendal in kwaliteit achteruitgegaan (Jalink, Kemmers, Stortelder, & de Waal, 2004). Dit heeft geleid tot vermindering van areaal of zelfs het verdwijnen van vegetatietypen. Herstelmaatregelen zijn uitgevoerd om het natuurgebied terug te brengen in de originele staat.

2.1.4 Problematiek

De voornaamste problemen die in het huidige beekdal opspelen zijn; verdroging door drainage van de landbouwpercelen, piekafvoeren en daarbij te diepe insnijding van de beekbodem, verzuring die ontstaat door verdroging waardoor de kwelstroom niet meer uittreedt aan maaiveld en eutrofiëring door infiltratie van verrijkt water afkomstig van de landbouwpercelen.

2.2 LEMSELERMATEN

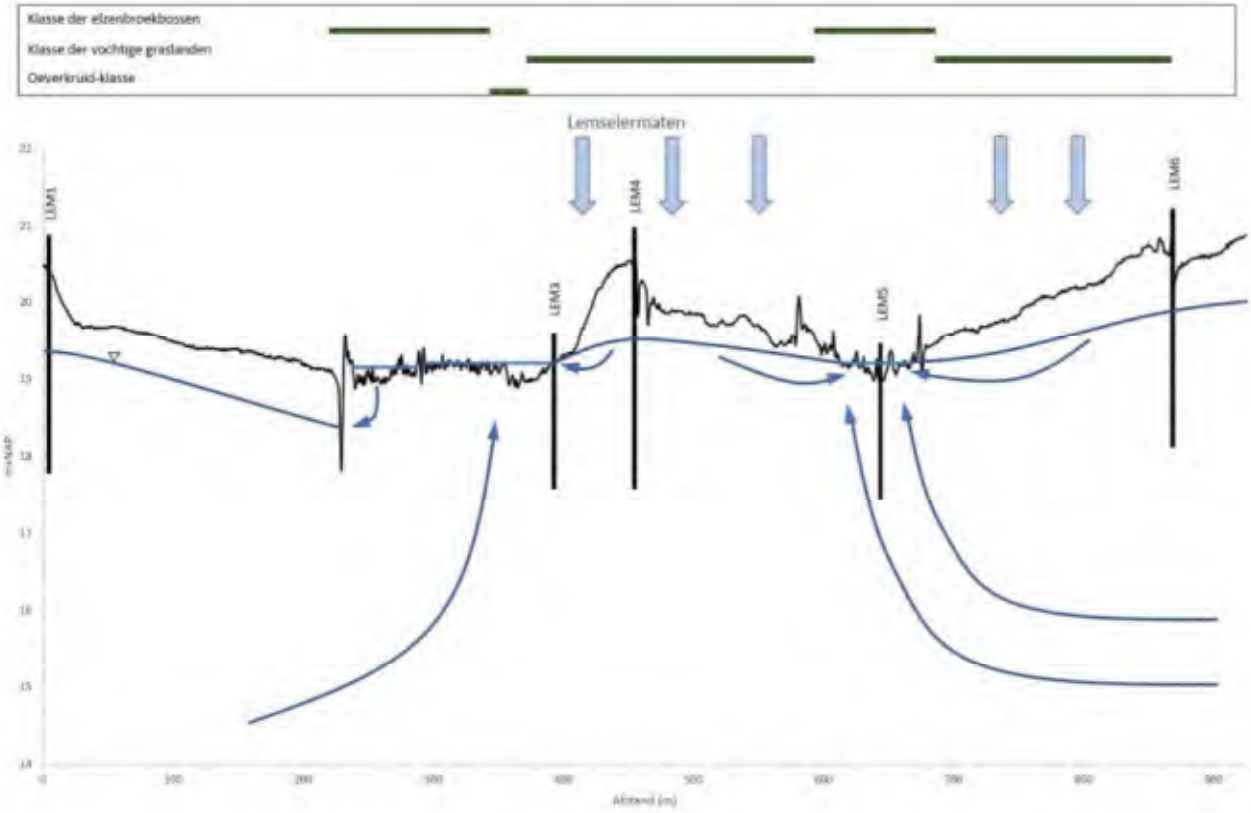
Een overzichtskaart van de gebiedsgrenzen van Lemselermaten is weergegeven in figuur 41 in bijlage 1. Lemselermaten bevindt zich ten zuidoosten van Weerselo en ten noordwesten van Lemselo. Ten zuiden van het gebied loopt de N343. De Lemselermaten is een natuurgebied met kwelafhankelijk schraalgraslanden en broekbossen die afhankelijk zijn van toestroom van grondwater uit grotere (boven)lokale grondwatersystemen.

Figuur 4: Locatie dwarsdoorsnede Lemselermaten

2.2.1 Hydrologie

De lagere beekdalgronden (zie hoogtekaart in figuur 45 in bijlage 2) in de Lemselermaten worden gevoed door basenrijke kwel afkomstig uit het watervoerende pakket boven de Tertiaire kleilaag (zie figuur 5) (Aggenbach & Jansen, 2004). Kwel dat omhoogkomt in het natuurgebied wordt via het oppervlaktewater, d.m.v. verdiepte beken, sloten, drainagesystemen en greppels, afgevoerd richting het noordwesten het gebied uit. (Bell & van 't Hullenaar, 2015).

Het optreden van kwel naar de beekdalen is het gevolg van het aansnijden van het watervoerende pakket. De kwelstroom is echter waarschijnlijk versterkt in de Lemselermaten doordat het watervoerende pakket richting het gebied opeens wordt versmald (van 33 meter naar uiteindelijk ca. 12 meter) (Bell & van 't Hullenaar, 2015). Dit komt door de aanwezigheid van de slecht doorlatende laag in de ondergrond. Door de (sterke) afname van de doorlatendheid in het watervoerende pakket, wordt het grondwater gedwongen om verticaal omhoog te stomen en zo in de Lemselermaten uit te treden.



Figuur 5: Dwarsdoorsnede Lemselermaten onder gemiddelde weersomstandigheden. In de dwarsdoorsnede is het hydrologisch functioneren aangeduid. In figuur 4 is de locatie van de dwarsdoorsnede zichtbaar.

2.2.2 Bodem

In de dwarsdoorsnede in figuur 5 is een de goed doorlatende oppervlakkige ondergrond zichtbaar. In figuur 49 en 53 in bijlage 2 en 3 staat de bodemkaart de geomorfologische kaart van de Lemselermaten. De diepste en oudste afzettingen, die bepalend zijn voor het hydrologische functioneren, is de tertiaire klei. In de Lemselermaten zorgt de tertiaire kleilaag ervoor dat het bovenliggende watervoerende pakket abrupt wordt versmald. Aan de oppervlakte liggen afzettingen van de formatie van Boxtel, bestaande uit matig fijn- tot matig grofzandige fluvioperiglaciale afzettingen (Bell & van 't Hullenaar, 2015). Het bovenste gedeelte van de Formatie van Boxtel bestaat uit een dunne laag dekzand. Dunne slecht doorlatende kleilagen liggen in de bodem ter hoogte van de Lemselermaten, verspreid in de Formatie van Boxtel. De negatieve invloed van de Weerselerbeek wordt hierdoor enigszins beperkt. Verder hebben deze kleilagen echter weinig effect op het hydrologisch functioneren (Bell & van 't Hullenaar, 2015).

2.2.3 Vegetatie

In de dwarsdoorsnede in figuur 5 staan de SBB-vegetatietypen. In de Lemselermaten komen natte- en vochtige heiden en typische en Parnassiarijke blauwgraslanden naar kalkmoerassen voor op de gradiënt (Jansen, Aggenbach, Eysink, & van der Hoek, 2007). Beekverdieping en ontwatering, en in omvang onbekende effecten drinkwaterwinning, heeft ervoor gezorgd dat het overgebleven deel schraalland sterk verdroogd is. Later zijn herstelmaatregelen uitgevoerd waardoor een aantal doelsoorten weer toenamen. Herstel van Parnassiarijk blauwgrasland en kalkmoerassen vindt plaats waarna ook ontwikkeling naar heischraal blauwgrasland (Draadgentiaan-associatie) is opgetreden (Jansen, Aggenbach, Eysink, & van der Hoek, 2007).
Elzenbroekbossen komen in de Lemselermaten in goed ontwikkelde vorm voor. Doordat Elzenzegge verspreid vrij algemeen voorkomt zijn andere delen van het broekbos ook geclassificeerd als goed ontwikkelde Elzenbroekbossen (Bell & van 't Hullenaar, 2015). Verder in het gehele natuurgebied komen gedegradeerde broekbossen voor. Dit is te duiden aan de sterke ondergroei van brandnetel, braam en framboos, dit komt veelal langs de randen en langs drainerende sloten voor (Bell & van 't Hullenaar, 2015).

2.2.4 Problematiek

In de Lemselermaten speelt verdroging en vermesting een rol in de achteruitgang van het natuurgebied. Vermesting ontstaat in dit gebied door de oxidatie van organisch materiaal, in de zomer, en de aanvoer van basen- en sulfaatrijk grondwater. De hoge sulfaatconcentraties worden veroorzaakt door de omzetting van pyriet (FeS_2) door de wegzijging van nitraatrijk water afkomstig van de landbouwgronden. In kwelgebieden resulteert dit in de afbraak van organisch materiaal en het vrijkomen van fosfaat onder natte omstandigheden, oftewel interne eutrofiëring (Jansen, Aggenbach, Eysink, & van der Hoek, 2007).

2.3 PUNTHUIZEN-STROOTHUIZEN

Een overzichtskaart van de gebiedsgrenzen van Punthuizen en Stroothuizen is weergegeven in figuur 42 in bijlage 1. De Nederlands-Duitse grens ligt ten oosten van de gebieden. In het westen list het omleidingskanaal en ten noordwesten ligt Denekamp. Punthuizen en Stroothuizen zijn systeemtypen met vennen, natte heide en kwelafhankelijke blauwgraslanden welke afhankelijk zijn van lokale grondwatersystemen.

2.3.1 Hydrologie

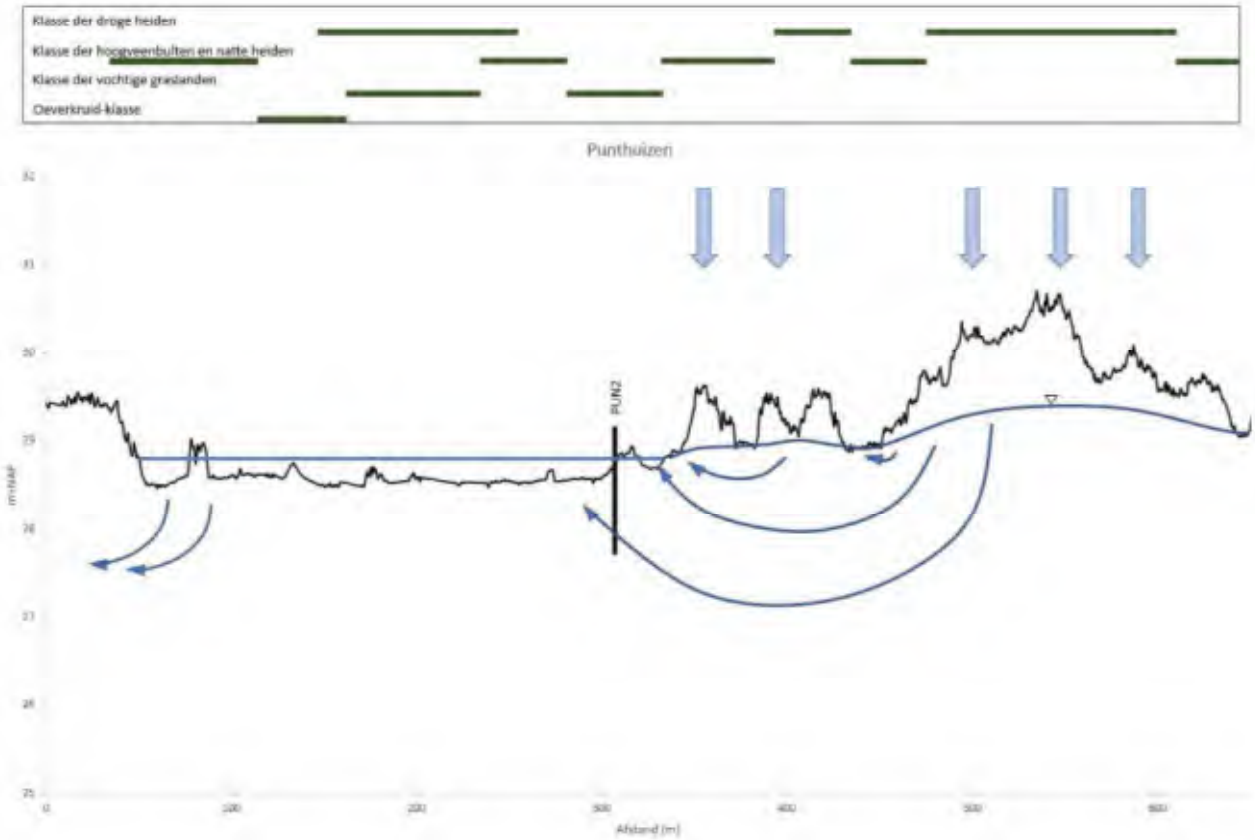
De volgende tekst is gebaseerd op het onderzoeksrapport Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld - Ecologische onderbouwing maatregelenpakket gebiedsuitwerking (van Dongen, Eysink, van der Ent, & Brummelman, 2017).

De hydrologie in Punthuizen en Stroothuizen wordt gestuurd door de opeenvolging van verschillen in maaiveldhoogte kort op elkaar; laagtes in de vorm van slenken en hoogtes in de vorm van dekzandruggen (zie hoogtekaart in figuur 46 in bijlage 2). In natte perioden, wanneer het regenwater infiltreert op de dekzandruggen, ontstaat er een opbolling van de grondwaterstand doordat de laagtes in de winter inunderen (zie figuur 7 en 8). Hierdoor is er lokaal basenrijk grondwater aanwezig dat uittreedt aan maaiveld. Het uittreden van grondwater vindt plaats op de gradiënt van de dekzandrug naar de laagtes. Door de verschillen in infiltratie en kwel op de gradiënt komen hier bijzondere vegetatietypen voor, die jaarlijks heen- en weer pendelen over de gradiënt. Punthuizen is zeer afhankelijk van de aanwezigheid van deze lokale grondwaterstroming. Ook Stroothuizen is hier zeer afhankelijk van, met name het Oortven. Momenteel vindt er te weinig opbolling plaats waardoor er in droge jaren de grondwaterstand in de dekzandruggen niet boven het oppervlaktewaterniveau uitkomt van het ven. Door lage kwelfluxen en het diep wegzakken van het grondwater is er een lage basenverzadiging in de winter. Daardoor vindt er geen toevoer van licht gebufferd grondwater plaats en kan verzuring optreden in het ven. In Stroothuizen treedt in het voorjaar echter ook kwel van dieper basenrijk grondwater uit aan de westzijde van het gebied in de centrale slenk. Dit water is afkomstig uit het diepere freatisch pakket, onder de klei van de formatie van Boxtel.

Figuur 6: Locatie dwarsdoorsnede Punthuizen (beneden) en Stroothuizen (boven).

2.3.2 Bodem

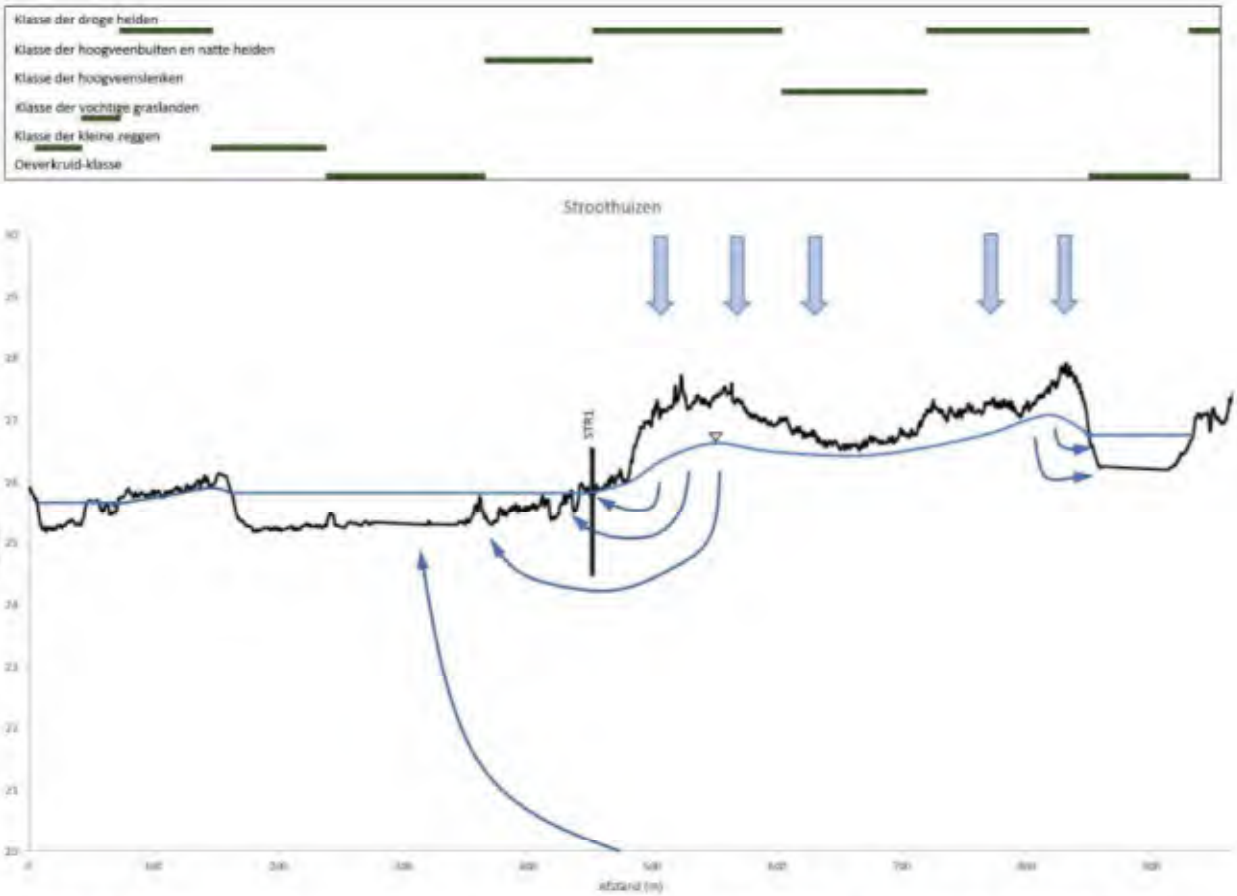
In de dwarsdoorsnede in figuur 7 en 8 is een goed doorlatende ondergrond zichtbaar van Punthuizen en Stroothuizen. In figuur 50 en 54 in bijlage 2 en 3 staat de bodemkaart en de geomorfologische kaart van Punthuizen en Stroothuizen. De ondergrond van Punthuizen en Stroothuizen bestaat uit zandsteen uit het Krijt en klei (formatie van Dongen) uit het Tertiair. Bovenop deze laag ligt lokaal een dunne laag keileem die is gevormd door het landijs in het Saalien. Daarboven liggen zanden die behoren tot de formatie van Drenthe met een variërende dikte (van Dongen et al., 2017). Ter hoogte van Punthuizen is deze laag ca. 10 meter dik en deze dikte neemt toe in noordwestelijke richting, richting Stroothuizen, met ca. 35 meter dikte. Deze formatie wordt afgesloten met een zandige afzetting behorende tot de formatie van Boxtel. Plaatselijk zijn er scheidende dunne kleilagen aanwezig behorende tot de formatie van Boxtel, deze zijn met name in Stroothuizen aangetroffen (van Dongen, Eysink, van der Ent, & Brummelman, 2017).



Figuur 7: Dwarsdoorsnede Punthuizen onder natte omstandigheden in de winter. In de dwarsdoorsnede is het hydrologisch functioneren aangeduid. In figuur 6 is de locatie van de dwarsdoorsnede zichtbaar.

2.3.3 Vegetatie

In de dwarsdoorsnede in figuur 7 en 8 zijn de SBB-vegetatietypen ingetekend. Door de jaren heen pendelen de aanwezige vegetatietypen in Punthuizen en Stroothuizen heen en weer op de gradiënt. In Punthuizen komen blauwgraslanden met subassociatie Parnassia voor op de randen van de geïnundeerde laagten. Blauwgraslanden met typische subassociatie komen voor in de delen van de laagten die inunderen. Het beheer is gericht op het behouden en herstellen van de soortenrijke vegetatiegradiënten met natte schraallanden. Aanwezigheid van heischrale graslanden, blauwgraslanden, vochtige graslanden, zure en kleine-zeggenmoerassen en kalkmoerassen wordt in stand gehouden (Jansen, Aggenbach, Eysink, & van der Hoek, 2007). Ondanks langdurige verdroging in het natuurgebied zijn er bijna geen soorten verdwenen en het voorkomen van soorten blijft vrijwel constant (Jansen et al., 2007). Uitbreiding van Gagel op de gradiënt duidt echter op het verdrogen/verzuren van het gebied (van Dongen, 2020). Met enkele soorten van de zwak gebufferde vennen gaat het slecht. Soorten in het blauwgrasland van de subassociatie met Parnassia, zoals Vleeskleurige orchis en Breedbladige orchis, zijn sterk aan het afnemen (Jansen et al., 2007).
In Stroothuizen hebben zich zure- en voedselarme vegetaties gevestigd van vochtige- en droge heiden. Lager op de flanken komen natte heiden voor. Op plekken waar lokaal basenarm grondwater uittreedt komen veenmosrijke natte heiden voor met Gagelstruwelen en Beenbreek en daarnaast goed ontwikkelde, zwak zure kleine zeggenvegetaties (Natuur en Milieu, 2016). In de laagste geïnundeerde delen komt het Oeverkruidverbond voor. Waar basenrijk grondwater uit het diepere watervoerende pakket uittreedt in de laagtes komen soorten van basenarm en basenrijk grondwater voor. Door stagnatie van regenwater ontstaat een mengwatertype waar de kweldruk niet hoog genoeg is om boven het maaiveld uit te komen. Op deze plaatsen komt met name de subassociatie met draadrus en de typische Subassociatie van zomp- en sterzegge voor (Natuur en Milieu, 2016)



Figuur 8: Dwarsdoorsnede Stroothuizen onder natte omstandigheden in de winter. In de dwarsdoorsnede is het hydrologisch functioneren aangeduid. In figuur 6 is de locatie van de dwarsdoorsnede zichtbaar.

2.3.4 Problematiek

In Punthuizen heeft de ontwatering van de landbouw gezorgd voor verdroging van het natuurgebied. Deze verdroging leidt tot een verminderde kwelflux (door verminderde opbolling in de dekzandruggen) in het natuurgebied waardoor ook verzuring van het gebied ontstaat (Jansen et al., 2007).
Ook in Stroothuizen treedt er verdroging op als gevolg van de ontwatering van de landbouw. Ook hier is daardoor een verminderde kwelflux aanwezig waardoor verzuring optreedt. In Stroothuizen is daarbij ook de aanwezigheid van pyriet (FeS_2), wat veroorzaakt wordt door sulfaatrijk grondwater in combinatie met de tertiaire ijzerrijke afzettingen, in de bodem aanwezig (Jansen et al., 2007). Tijdens droogte ontstaat er pyrietoxidatie wat resulteert in verzuring en het plaatselijk afsterven van de vegetatie (zie foto figuur 88 in bijlage 15).

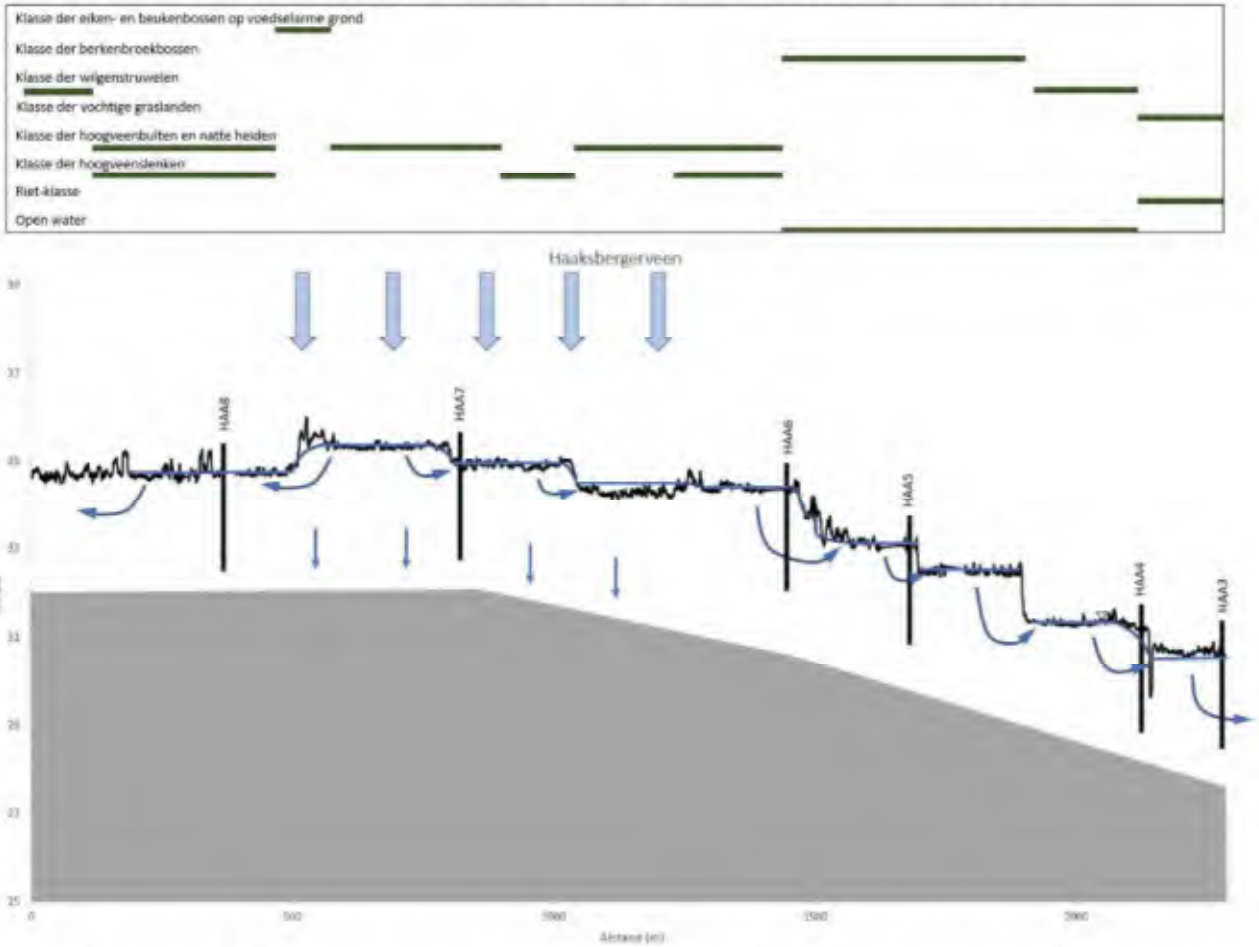
2.4 HAAKSBERGERVEEN

Een overzichtskaart van het Haaksbergerveen is weergegeven in figuur 43 in bijlage 1. Het Haaksbergerveen is gelegen ten zuidoosten van Haaksbergen met de Nederlands-Duitse grens tegen het zuiden van het natuurgebied aan. Het Haaksbergerveen is een regenwaterafhankelijk hoogveengebied welke gecategoriseerd wordt als komhoogveen. Een komhoogveen is een veengebied waar in een laagte tussen dekzandruggen veen is ontstaan (van Dongen, Ruis, & Dear, Het Haaksbergerveen)

2.4.1 Hydrologie

Onderstaande tekst is gebaseerd op hoofdstuk 23, Het Haaksbergerveen, uit de Nederlandse Hoogveengebieden (van Dongen, Ruis, & Dear).

Grondwaterbeweging vindt op drie verschillende manieren plaats in het Haaksbergerveen (zie figuur 9).
Als eerste ontstaat waterbeweging op de dekzandruggen naar de veenputten, in natte perioden. Hier zorgt de grondwaterspiegel voor een lichte opbolling onder deze dekzandruggen. Op deze dekzandruggen infiltreert water en waarbij het water daarna opkwelt in de naastgelegen veenputten in het gebied. Deze kwel is zeer zwak tot zwak gebufferd en plaatselijk zelfs sterk gebufferd. Dit komt door plaatselijk voorkomen van kalkrijke afzettingen ondiep onder maaiveld. Als tweede ontstaat er kwel van grondwater dat zich verplaatst tussen de verschillende compartimenten in het Haaksbergerveen. Door peilverschillen tussen naast elkaar gelegen compartimenten ontstaan drukverschillen, waardoor grondwater omhoog stroomt door ondiepe minerale ondergrond naar het volgende compartiment. Door de te grote peilverschillen zorgt dit voor te snelle verplaatsing van het grondwater naar de randen van het natuurgebied. Het grootste gedeelte van de grondwaterstroming verplaatst zich echter door infiltratie naar de zandondergrond vanuit de veenputten. De wegzijging is het sterkst in de randzones van het veengebied waar de sterke ontwatering van de omliggende landbouwgronden de grootste invloed uitoefent.
Doordat de grondwaterstanden in de droge periodes te veel wegzakken wordt de actieve hoogveenvorming belemmerd. Hierdoor wordt het veenpakket ook belemmerd in de vorming van een actieve acrotelm.



Figuur 9: Dwarsdoorsnede Haaksbergerveen onder natte weersomstandigheden. In de dwarsdoorsnede is het hydrologisch functioneren aangeduid. In figuur 10 is de locatie van de dwarsdoorsnede zichtbaar.

2.4.2 Bodem

In de dwarsdoorsnede in figuur 9 is een schematische schets van de ondergrond van het Haaksbergerveen. In figuur 51 en 55 in bijlage 2 en 3 staat de bodemkaart en de geomorfologische kaart van het Haaksbergerveen. Verder in de diepere ondergrond bevindt zich een kleiige laag, de formatie van Dongen, welke de hydrologische basis van het systeem vormt. Deze kleiige eenheid komt in delen op slechts + 1 m onder maaiveld voor. De klei helt af richting het noordwesten van 30 tot 33 m in het centrum naar ongeveer 24 m +NAP. Bovenop de tertiaire klei liggen smeltwaterafzettingen die bestaan uit zwak lemig fijn zand, plaatselijk ook sterk lemig tot zelfs grof zand en soms zelfs leem- en veenlaagjes. Deze smeltwaterzanden zijn plaatselijk kalkrijk. Op deze smeltwaterafzettingen zijn meestal dunne lagen dekzanden afgezet, op de dekzandruggen is deze laag dikker.

Figuur 10: Locatie dwarsdoorsnede Haaksbergerveen

2.4.3 Vegetatie

In de dwarsdoorsnede in figuur 9 staan de SBB-vegetatietypen. Ondanks de vernattingsmaatregelen die zijn genomen is berkenopslag plaatselijk toegenomen. Goed ontwikkelde hoogveenvegetaties zijn nog in kleine mate aanwezig, en beperkt zich tot enkele ha. Plekken met grote waterstandfluctuaties hebben een groot aandeel berken- en wilgenopslag. Op zandruggen en in randzones op zandbodems in het noorden komen natte en droge heiden voor. In het zuiden, in diepere sloten aan de randen van het veen en langs de kades en wegen komen regelmatig vegetatietypen van matig voedselrijke omstandigheden voor. Dit is het effect van keileem, kalkrijke tertiaire klei en/of de toestroom van basenrijk grond- en oppervlaktewater. Hier komen rietlanden, met of zonder veenmos, en kleinezeggenmoerassen, met deels opslag, voor. Ook komen juist in het zuiden, op plaatsen met aanrijking van basenrijk grondwater, beter ontwikkelde hoogveenbulten voor. Deze bulten zijn gevormd op kraggen die ontstaan door de toestroom van basenrijk grondwater (hier vindt methanogenese plaats in de bodem). Voormalige landbouwpercelen in het noorden en oosten hebben zich ontwikkeld tot overgangsgebieden, van het hoogveen naar de omgeving. Hier is indicatie tot het ontwikkelen van soortenrijke vegetatie. De struwelen en verdroogde delen van het Haaksbergerveen bestaan voornamelijk uit opslag van berken. Deze opslag is plaatselijk gevormd tot berkenbroek of drogere loofbossen op voedselarme gronden. Verder zijn er ook wilgenbroeken en elzenbroeken aanwezig op de nattere delen. Op de voedselarme zandgronden bevinden zich droge en vochtige loofbossen. Ook komen er naaldbossen voor.
Door de verspreiding van gebufferd (grond)water in het Haaksbergerveen, onderscheidt dit hoogveengebied zich van andere hoogveengebieden. Indicatiesoorten die duiden op laterale afstroming en licht gebufferd karakter zijn aanwezig op de overgangen van dekzandrug naar de compartimenten en van het veen naar lage delen met ondiepe minerale bodem. Beheer dat gericht is op het openhouden van de vegetatie heeft geleid tot deze vegetatiestructuren.

2.4.4 Problematiek

Het optreden van verdroging is een groot probleem in het Haaksbergerveen. Dit ontstaat door de drainerende werking van de omliggende landbouwgronden. De peilverschillen tussen de kern van het veen en de landbouwgronden zijn groot als gevolg van het verschil in maaiveldhoogte, de diepe ontwateringssloten en de drainage in de omliggende landbouwgebieden. In extreem droge periodes leidt dit tot verdroging tot diep in de kern. Daarbij treedt door verdroging ook verzuring op door een verminderde kwel toestroom in de randzones van het veengebied. Juist in de kwelzones ontstaat de meest soortenrijke vegetatie. Door verdroging van het veen wordt het veenpakket geoxideerd waardoor meer voedingsstoffen vrijkomen en concurrentie krachtige soorten (berk, pijpenstrootje, wilg) zich massaal gaan vestigen.

3 HYPOTHESE

In de hypothese wordt beschreven wat de verwachtte invloed van de meteorologische droogte van 2018 en 2019 zal zijn. Er wordt gekeken naar de oorzaak van het verschillend reageren van de natuurgebieden. De onderlinge verschillen van waterafhankelijkheid van de natuurgebieden is de leidraad in de hypothese. Hierbij staan de doorwerking van verlaagde grondwaterstanden en kwel op de bodem, zuurgraad en vegetatie centraal. Als eerst wordt de hypothese gesteld voor de verschillende onderzoeksgebieden met vervolgens een rangschikking van de mate van gevoeligheid voor de meteorologische droogte. Daarna is per onderzoeksgebied een toelichting gegeven waarom de effecten van de meteorologische droogte in het ene onderzoeksgebied sterker zal zijn dan in het andere gebied.

De hypothese voor alle onderzoeksgebieden, Springendal, Lemselermaten, Punthuizen en Stroothuizen en Haaksbergerveen, is als volgt:

Hoe lokaler het grondwatersysteem en hoe meer regenwaterafhankelijk, hoe gevoeliger het systeem is voor meteorologische droogte.

De natuurgebieden worden gerangschikt naar mate van gevoeligheid voor meteorologische droogte. Met op de eerste plaats het natuurgebied dat het meest gevoelig is voor meteorologische droogte en op de laatste plaats het natuurgebied dat het minst gevoelig is voor meteorologische droogte.

1. Haaksbergerveen & Punthuizen
2. Stroothuizen
3. Lemselermaten
4. Springendal

3.1 SPRINGENDAL

Door de aanwezigheid van goed doorlatende, grondmorene afzettingen op het stuwwalplateau is er sprake van een continu stijghoogteverschil tussen het infiltratiegebied en de bronnen. Daardoor is er altijd aanvoer van grondwater richting de bronnen in het Springendal, ondanks de relatief korte reistijd (enkele maanden tot ca. 15 jaar) van het grondwater.
Na verwachting is de invloed van de meteorologische droogte beperkt door het continue stijghoogteverschil. De opbolling van het freatische grondwater in het infiltratiegebied zal verminderen in droge tijden, wat leidt tot een verminderde toestroom van grondwater naar de bronnen en daardoor naar de beek. Naar verwachting zal het neerslagoverschot in de winter dit proces ruimschoots compenseren. Daardoor zijn de verwachte effecten van de droogte, als gevolg van klimaatsverandering, op de voeding van de bronnen beperkt. De vegetatie zal zich kunnen handhaven tijdens perioden van meteorologische droogte.

3.2 LEMSELERMATEN

Verwacht wordt is dat de stijghoogte zal afnemen in de Lemselermaten als gevolg van de meteorologische droogte. Door vermindering van de grondwaterstanden in het freatisch grondwaterpakket zal de kwelflux in mindere mate aanwezig zijn. Door sterke ontwatering van de omgeving door verdiepte beken, sloten, drainagesystemen en greppels wordt een deel van de basenrijke kwel afgevangen voordat het kan uittreden in het gebied. In de Lemselermaten speelt daarom tevens structurele verdroging een rol. Daarbij komt dat verzuring in drogere periodes versterkt zal optreden door de aanwezigheid van pyriet (FeS_2) in de bodem (Jansen, Aggenbach, Eysink, & van der Hoek, 2007). Hierdoor vindt interne eutrofiëring plaats in de Lemselermaten. Het wegvallen van de basenrijke kwelstroom als gevolg van meteorologische droogte, waardoor verdroging, verzuring en eutrofiëring plaats vindt, zorgt voor het verminderen van kwaliteit van de basenafhankelijke vegetatie in de Lemselermaten. Met name de broekbossen en kalkmoerassen zijn hier gevoelig voor. Hierdoor is de mate van de effecten van de meteorologische droogte na verwachting relatief sterk.

3.3 PUNTHUIZEN-STROOTHUIZEN

De effecten van de meteorologische droogte zal in Punthuizen en Stroothuizen naar verwachting snel zichtbaar zijn. Dit komt omdat beide gebieden zeer afhankelijk zijn van een lokale kwelstroming. Wanneer er een droge winter plaats vindt kan deze kwelstroom moeilijk op gang komen doordat de opbolling in de dekzandruggen dan wordt verminderd. Daar komt bij dat een droge zomer ook kan zorgen voor een verminderde kwelstroom doordat de grondwaterstand

eerst op een normaal niveau moet komen, voordat er opbolling plaats kan vinden. Dit zorgt voor verzuring. Tevens is er vermoedelijk structurele verdroging gaande in beide gebieden. Dit wordt veroorzaakt door de sterke ontwatering in de omliggende landbouwpercelen, waardoor de kweldruk wordt verminderd en de grondwaterstanden lager zijn geworden. Over de jaren heen verminderd hierdoor ook de basenverzadiging. Verwacht wordt dat de basenrijkdom snel zal verminderen bij (voornamelijk) droge winters. Daar komt bij dat in Stroothuizen extra verzuring zal optreden door het vrijkomen van pyriet (FeS_2) in de bodem tijdens droogte (Jansen, Aggenbach, Eysink, & van der Hoek, 2007). De vegetatie die in Punthuizen en Stroothuizen voorkomt is zeer gevoelig voor verzuring en zal daarom in kwaliteit afnemen waarbij vooral soorten die afhankelijk zijn van basenrijkere omstandigheden achteruitgang zullen vertonen.

3.4 HAAKSBERGERVEEN

De effecten van de meteorologische droogte van 2018 hebben laten zien dat het hoogveen zich tot op zekere hoogte kan redden. Het veen is instaat om tijdens enorme droogte de verdamping te verminderen door wit te verkleuren. Echter delen in het veengebied met open water en bosopslag blijven voortdurend verdampen. Dit heeft een indirecte doorwerking op de aangrenzende compartimenten door de toename van laterale waterstroming. Daarbij zorgen verlaagde grondwaterstanden buiten het natuurgebied voor een toenemend stijghoogteverschil tussen het natuurgebied en de omgeving. Hierdoor wordt het waterverlies vanuit het Haaksbergerveen richting de omgeving versterkt. In de zomer van 2019 reikte de negatieve effecten van de meteorologische droogte tot in de kern van het veengebied (blijkt uit veldwaarnemingen). Met als gevolg dat het herstellende hoogveen in twee jaar tijd enorm is teruggezet in het herstelproces.
Verwacht is dat meteorologische droogte op de huidige staat van het hoogveengebied niet direct negatieve effecten zal hebben door de sponswerking en de verdampingsreductie dat de veenmossen bezitten. Echter wanneer de droogte een te lange tijd voortzet zal zelfs de kern van het gebied hieronder leiden. Herstel van veen is een langzaam proces. Als dit een kwalitatief goed ontwikkeld hoogveen zou omvatten (met acrotelm) zou de droogte geringe effecten hebben. Maar door het ontbreken van grote goed ontwikkelde oppervlaktes hoogveen en harde overgangen is dit niet het geval en zal meteorologische droogte na verloop van tijd sneller negatieve gevolgen hebben op de vegetatieontwikkeling.

4 METHODE

Vanwege de meteorologische droogte in 2018-2019 worden de effecten hiervan in kaart gebracht. Dit wordt gedaan d.m.v. analyses van de meteorologie, hydrologie en de vegetatie. Hieronder staat beschreven op welke manier dit wordt uitgevoerd.

4.1 METEOROLOGIE

De data gebruikt voor de meteorologie analyse is afkomstig van het KNMI (2020). Deze data bestaat uit dagwaarde gegevens van de neerslag en de verdamping van mei 1987 tot januari 2020 van het weerstation Twenthe. De periode van minstens 30 jaar is genomen zodat de analyse klimaat onafhankelijk kan worden uitgevoerd.

4.1.1 Databewerking

Door middel van Excel zijn al deze dagwaardes omgerekend naar de maandsommen van de neerslag en de verdamping. Deze maandsommen zijn omgerekend naar verschillende reeksen, namelijk; neerslagoverschot, voortschrijdend maand- en jaargemiddelde, gemiddeld neerslagoverschot, gemiddelde neerslagoverschot per 10 jaar (1990-2000, 2000-2010, 2010-2020) en gemiddelde neerslag en verdamping. In tabel 1 worden de verschillende reeksen opgesomd en toegelicht.

Tabel 1: Toelichting van de reeksen uit de grafiek van de meteorologie in figuur 11.

Reeks	Toelichting
Neerslagoverschot	Het neerslagoverschot is per maand berekend d.m.v. de maandsom van de neerslag minus (-) de maandsom van de verdamping.
Voortschrijdend maandgemiddelde	Het voortschrijdend maandgemiddelde laat een versimpeld beeld zien van het neerslagoverschot. Dit wordt gedaan door het berekenen van het gemiddelde van de maand met voorgaande maand. Hierdoor worden onregelmatigheden uit het neerslagoverschot gefilterd.
Voortschrijdend jaargemiddelde	Het voortschrijdend jaargemiddelde is een versimpeld beeld van het neerslagoverschot. Het voortschrijdend jaargemiddelde wordt berekend a.d.h.v. het gemiddelde van de maand met het voorgaande jaar. Hierdoor is te zien hoe het neerslagoverschot zich verhoudt t.o.v. het gemiddelde (neerslagoverschot).
Gemiddeld neerslagoverschot	Deze lijn laat het totale gemiddelde van het neerslagoverschot per maand zien in de periode van mei 1987 tot januari 2020.
Gemiddeld neerslagoverschot per 10 jaar	Uit het neerslagoverschot per maand is het gemiddelde neerslagoverschot per 10 jaar berekend. Deze reeksen omvatten drie perioden, 1990-2000, 2000-2010 en 2010-2020. De periode van 1990-2000 omvat het gemiddelde neerslagoverschot van januari 1990 t/m december 1999. De periode van 2000-2010 omvat het gemiddelde neerslagoverschot van januari 2000 t/m december 2009. De periode van 2010-2020 omvat het gemiddelde neerslagoverschot van januari 2010 t/m december 2019.
Gemiddelde neerslag en gemiddelde verdamping	De gemiddelde neerslag is gebaseerd op het gemiddelde van de maandsommen van de neerslag van de periode van mei 1987 tot januari 2020. De gemiddelde verdamping is gebaseerd op het gemiddelde van de maandsommen van de verdamping van de periode van mei 1987 tot januari 2020.

4.2 WATERKWANTITEIT

Gegevens van de waterkwantiteit bestaan uit peilbuisgegevens en ter ondersteuning de indicatiewaarden van de vegetatie. Vervolgens wordt ook de bodem-pH bepaald uit de indicatiewaarden van de vegetatie (vegetatiekarteringen en PQ-reeksen) bepaald.

4.2.1 Peilbuisgegevens

De data die is gebruikt voor de hydrologische analyses zijn de peilbuisgegevens van Provincie Overijssel. Deze peilbuisgegevens bestaan uit grondwaterstandsmetingen en metadata (tabel 6 en 7 in bijlage 5) van de peilbuizen. Deze grondwaterstandsmetingen bevatten ten minste 3+ jaar lange meetreeksen. Voor alle analyses is de verdamping van het weerstation Twenthe gebruikt (m.u.v. peilbuis LEM3 in de Lemselermaten, hier is ook een analyse gedaan o.b.v. verdamping volgens weerstation De Bilt). De neerslagstations voor de analyses zijn per natuurgebied anders, hier is gebruik gemaakt van het dichtstbijzijnde neerslagstation. Voor het Springendal is dat Tubbergen, voor Punthuizen-Stroothuizen is dat Denekamp, voor Lemselermaten is dat Weerselo en voor het Haaksbergerveen is dat Rekken.

4.2.1.1 *Databewerking*

De data is bewerkt d.m.v. het programma Menyanthes. Vooraf zijn meetreeksen geselecteerd met voldoende data (3+ jaar). Eventuele afwijkingen (meetfouten/ handmetingen) in de meetreeksen zijn verwijderd. De overgebleven data bestaat enkel uit geautomatiseerde hoogfrequente meetreeksen. Deze meetreeksen worden omgezet naar tijdreeksmodellen. Hier kan gekozen worden voor een lineair model en/of een niet lineair model. Het niet lineaire model is geschikt voor situaties waar het grondwaterstandsverloop wordt afgetopt. Dit wordt veroorzaakt doordat de grondwaterstand zich boven maaiveld bevindt waardoor het water oppervlakkig over maaiveld wordt afgevoerd. Lineaire modellen zijn vooral geschikt in situaties waarin de grondwaterstand niet boven maaiveld uitkomt, en waar geen afvoer van water over maaiveld plaatsvindt. Per meetreeks worden beide modellen geproduceerd. Deze modellen worden met elkaar vergeleken op de EVP en de evaporatie factor. Hierbij geldt;

- EVP = >70%
- Evaporatie factor = > 0,80 en < 1,20

Wanneer het lineaire- en niet lineaire model hier beide aan voldoen wordt visueel gecontroleerd welk model het best past op de grondwaterstandsmetingen. Daarbij is gekeken of het tijdreeksmodel het gedrag van de gemeten reeksen goed volgt in zowel natte perioden (aftoppingen door afvoer over maaiveld) als de snelheid en het niveau tot waar de grondwaterstand uitzakt in de droge zomerperiodes. De tijdreeksmodellen worden gegenereerd over de periode van 1987 tot 2020. Dit is zodat tevens de tijdreeksmodellen klimaat onafhankelijk zijn.

Het best passende model wordt in Excel gezet voor een overzichtelijk beeld van het tijdreeksmodel. Hier wordt per peilbuis de tijdreeksmodellen in een grafiek gezet. In de grafiek is het ondiepe filter (filter 1) en (indien aanwezig) één of meerdere diepere filters visueel zichtbaar. Bij deze grafieken is in bijlage 5 voor elke peilbuis een tabel met de metadata van de peilbuizen, afkomstig uit Menyanthes.
Na het plotten van de tijdreeksmodellen in Excel wordt ook de gxg (gemiddelde hoogste grondwaterstand (ghg), gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (gvg), gemiddelde grondwaterstand (mgl) en gemiddelde laagste grondwaterstand (glg)) van deze tijdreeksmodellen bepaald d.m.v. Menyanthes en tevens in Excel verwerkt. Hierbij wordt de gxg bepaald over de totale periode (1987-2020) en over een periode van 10 jaar (1990-2000, 2000-2010, 2010-2020). Zo wordt de gxg klimaat onafhankelijk bepaald in de totale periode. De gxg over een periode van 10 jaar wordt bepaald omdat de gxg officieel over een periode van 8 jaar wordt berekend (Wageningen Universiteit & Research, sd), deze is dan niet klimaat onafhankelijk maar geeft inzicht in de invloed van variatie in neerslag- en verdamping per periode van 10 jaar. In dit onderzoek is gekozen om de gxg over een periode van 10 jaar te berekenen omdat de meteorologische omstandigheden verschillend zijn en kan worden opgedeeld in 3 periodes van ca. 10 jaar. Hierin zit een natte periode (1990-2000), een gemiddelde periode (2000-2010) en een droge periode (2010-2020) (zie figuur 56 in bijlage 6).

Validatie van de tijdreeksmodellen is gedaan in bijlage 7. Hier zijn de tijdreeksmodellen geplot o.b.v. de recente metingen en de daarbij behorende handmetingen ter controle van het tijdreeksmodel.

4.2.2 Indicatiewaarden vegetatie

Ondersteunend aan de data van de grondwaterstanden wordt gekeken naar de standplaatscondities van de vegetatie. De data voor de vegetatie is afkomstig van Staatsbosbeheer en bestaat uit verschillende inventarisatiemethodes. Voor het Springendal en Punthuizen-Stroothuizen zijn vegetatiekarteringen aanwezig. Voor de Lemselermaten zijn PQ-reeksen. Voor het Haaksbergerveen zijn transectkarteringen aanwezig. Al deze monitoringsmethoden bevat data van zowel voor- als na de meteorologische droogte van 2018 en 2019. Met deze standplaatscondities van de vegetatie wordt getracht naar de vergelijking met de peilbuisgegevens. Hierbij wordt gekeken welke monitoringsdata het meest geschikt is om hiervoor te gebruiken.

4.2.2.1 *Databewerking*

Hieronder staan de verschillende monitoringsdata en de gebruikte bewerkingsmethode.

Vegetatiekartering

De vegetatiekartering van het Springendal bevat opnames van 1999, 2007 en 2019. De vegetatiekartering van Punthuizen en Stroothuizen bevat opnames van 2001, 2010 en 2019. De vegetatiekarteringen wordt d.m.v. programma Iteratio bewerkt en omgezet naar standplaatscondities. Iteratio zet vegetatiekarteringen om naar indicatiewaarden die kunnen worden geëxporteerd als GIS-bestanden. Dit wordt gedaan d.m.v. een turboveg-bestand met vegetatieopnamen, een shapefile van de vegetatievlakken en een database waarin alle gegevens zijn opgenomen die behoren bij de vegetatiekaart. In Iteratio wordt een nieuw project aangemaakt waarin deze bestanden worden ingevoerd. Iteratio verbindt de soorten aan indicatiewaarden door het doen van een hoeveelheid iteraties. Deze indicatiewaarden worden gekoppeld aan de vegetatietypes. Welke vervolgens omgezet worden in kaarten van de vegetatievlakken met indicatiewaardes. De standplaatscondities in Iteratio die geanalyseerd worden omvatten de gvg en de pH-H_2O. Deze indicatiewaarden zijn te relateren aan de beschikbare grondwaterstandsmetingen. Ook is de voedselrijkdom bepaald in de natuurgebieden, maar deze is achterwege gelaten doordat de invloed van het (maai)beheer hierop groot is. Per natuurgebied en per vegetatiekartering wordt een shapefile geëxporteerd om vervolgens in GIS in te laden. Deze gegenereerde kaarten bestaan uit de gegevens in tabel 2. Vervolgens worden de kaarten van de verschillende opnames per gebied met elkaar vergeleken en beschreven.

Tabel 2: Gegevens van de GIS-kaarten afkomstig uit Iteratio. Hierin staan de natuurgebieden, de opnames en de gebruikte standplaatscondities

Onderzoeksgebied	Opnamejaar	Standplaatscondities
Springendal	1999	GvG en pH
	2007	GvG en pH
	2019	GvG en pH
Punthuizen-Stroothuizen	2001	GvG en pH
	2010	GvG en pH
	2019	GvG en pH

Permanente kwadraten

Er zijn twee lange PQ-reeksen aanwezig in de Lemselermaten. De eerste PQ (Kleuver) bevat opnames van 1967-1978, 1992-1993 en 2018-2019. De tweede PQ (Hofstra) bevat opnames van 1991-2002 en 2018-2019. De kopgegevens van de PQ-opnames staat in bijlage 8. De PQ-reeksen worden d.m.v. het programma Turboveg omgezet naar standplaatscondities. De standplaatscondities waarnaar gekeken wordt zijn de gxg, vochtgehalte (Ellenberg) en pH-H_2O. Deze gegevens worden in Excel bewerkt tot grafieken. In deze grafieken zijn de standplaatscondities uitgezet tegen de opnameperiode. De veranderingen van de standplaatscondities worden vervolgens beschreven.

Transectkartering

In het Haaksbergerveen zijn 7 transecten uitgezet. Binnen deze transecten wordt op drie verschillende manieren vegetatie opgenomen. Jaarlijks wordt binnen de transecten de veenmossen gekarteerd en elke 4 á 5 jaar worden de vaatplanten en de PQ's binnen deze transecten opgenomen. De karteringen die gebruikt worden in dit onderzoek bevatten de transectkarteringen van de veenmossen. De beschikbare data komt uit 2012 en 2019. De gegevens van deze transecten staat in bijlage 9. In deze veenmoskartering wordt een groepering gemaakt van de veenmossen. De groepering bestaat uit slenksoorten, bultvormende soorten, minerotrafente soorten en natte heide soorten. In tabel 3 staan welke veenmossoorten er bij de groepen hoort. De indeling van de veenmosgroepen is gebaseerd op het verschil in indicatie deze groepen kunnen geven (van der Veen & Bijkerk, 2014). Per transect worden in Excel de toe- en afname van het veenmostotaal (gemiddelde bedekking veenmossen binnen een transect), de soortengroepen en de veenmossoorten weergeven d.m.v. een staafdiagram. De verandering van het veenmostotaal-, de groeperingen-

en de veenmossoorten van 2012 t.o.v. 2019 wordt vergeleken en beschreven. De indicatie van deze toename en/of afname wordt d.m.v. het indicatorsoortenboekje van Staatsbosbeheer (Aggenbach & Jalink, Indicatorsoorten voor verdroging en eutrofiëring van plantengemeenschappen in hoogvenen, 1998) achterhaald.

Tabel 3: Groepering van de verschillende veenmossoorten. Onderverdeeld in de bultvormende soorten, slenksoorten, natte heidesoorten en minerotrafente soorten.

Veenmosgroep	Veenmossoort
Bult	Sphagnum magellanicum
	Sphagnum papillosum
Slenk	Sphagnum cuspidatum
	Sphagnum fallax
Natte heide	Sphagnum compactum
	Sphagnum molle
	Sphagnum tenellum
Minerotrafent	Sphagnum denticulatum
	Sphagnum fimbriatum
	Sphagnum palustre

4.3 SYNTHESE

Aan de hand van de resultaten van de peilbuisgegevens en de standplaatscondities van de vegetatie wordt een kwantificering gedaan. Een vergelijking van de glg over de hele periode (1987-2019) en de glg van de droogte van 2018 en 2019 wordt in tabelvorm in beeld gebracht. Hierbij wordt het verschil percentueel weergegeven. Ook worden de standplaatscondities betreffende de glg van de vegetatie uit Waternood o.b.v. bestaande opnames nabij de peilbuizen. Niet voor iedere peilbuis is data aanwezig van de vegetatieopname en niet alle vegetatietypen zijn in Waternood aanwezig (rompgemeenschappen). Voor het Haaksbergerveen is geen vegetatiedata aanwezig bij de peilbuizen, maar hier wordt gericht op de ontwikkeling van hoogveen waarbij een glg van minder dan 30 cm optimaal is voor de veenmosvorming. In tabel 4 is een toelichting zichtbaar van tabel 5 in de synthese.

Tabel 4: Toelichting kwantificatiekolommen

Kolombenaming	Toelichting
Vegetatietype	Niet alle peilbuizen hebben een vegetatieopname. De peilbuizen waar deze wel beschikbaar is, is weergegeven in de tabel.
Optimale glg vegetatie	Bij deze vegetatietypen is een glg vanuit Waternood gehaald. In het Haaksbergerveen is de glg o.b.v. de optimale standplaatscondities van veenmossen zichtbaar.
Glg 1987-2019	Gemiddelde laagste grondwaterstand over de periode van 1987-2019 vanuit de peilbuisgegevens
Glg 2018-2019	Gemiddelde laagste grondwaterstand over de periode van 2018-2019 vanuit de peilbuisgegevens
Verschil glg	Het verschil van de glg van de periode 1987-2019 en de periode 2018-2019
Overschrijdingspercentage	=100*[glg 2018-2019]/[glg 1987-2019]
Gem. overschrijdings-percentage	Gemiddelde overschrijdingspercentage per onderzoeksgebied o.b.v. glg 1987-2019 (peilbuizen) (dus = GEM 100*[glg 2018-2019]/[glg 1987-2019])
Gem. overschrijdings-percentage o.b.v. glg vegetatie	Gemiddelde overschrijdingspercentage per onderzoeksgebied o.b.v. optimale glg vegetatie (dus = GEM 100*[glg 2018-2019]/[optimale glg vegetatie])

5 RESULTATEN

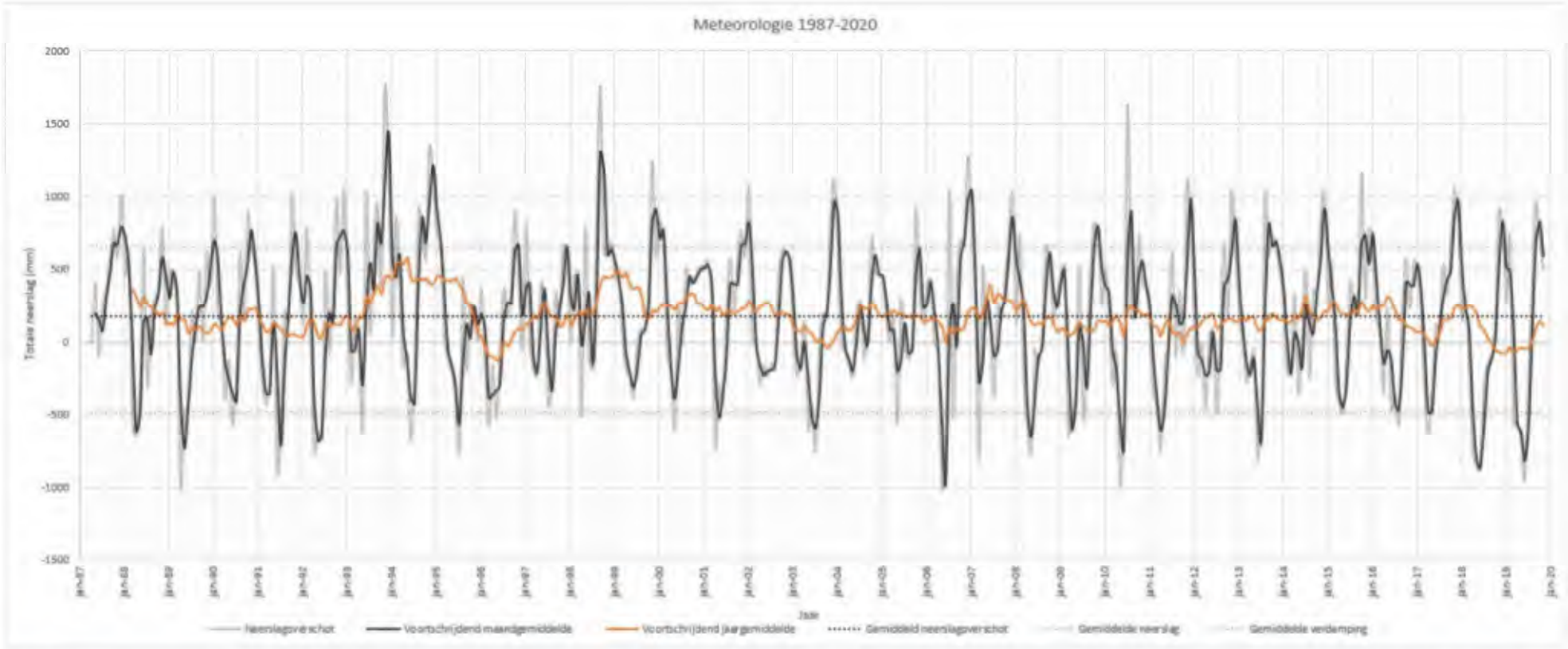
De resultaten zijn onderverdeeld onder als eerste de meteorologische data en opvolgend de verschillende onderzoeksgebieden.

5.1 METEOROLOGIE

In de grafiek in figuur 11 is allereerst het neerslagoverschot (grijze lijn) te zien met daarbij het voortschrijdend maandgemiddelde (zwarte lijn). Hier zijn de droge- (zomer) en natte (winter) periodes kenbaar. De pieken zijn de natte (winter) periodes, de dalen zijn de droge (zomer) periodes. Er is sprake van een neerslagoverschot wanneer de waarde positief is. Er is sprake van een neerslagtekort wanneer de waarde negatief is, een lagere waarde is een groter neerslagtekort. In de grafiek is de gemiddelde neerslag (lichtblauwe stippellijn) en de gemiddelde verdamping (lichtoranje stippellijn) over de gehele reeks weergegeven. Door deze gemiddelden is zichtbaar hoe de droge en natte perioden van het voortschrijdend maandgemiddelde zich verhouden t.o.v. de gemiddelde neerslag en de gemiddelde verdamping. Als laatste is in de grafiek het voortschrijdend jaargemiddelde (oranje lijn) en het gemiddelde neerslagoverschot (zwarte stippellijn) te zien. De reeks van het voortschrijdend jaargemiddelde laat zien hoe de droge- en natte jaren zich verhouden t.o.v. het gemiddelde neerslagoverschot. De vorm van het voortschrijdend jaargemiddelde wordt voornamelijk bepaald door de hoeveelheid neerslag omdat dit van jaar tot jaar erg kan verschillen, de verdamping vertoont een regelmatig verloop gedurende de jaren. De verdamping fluctueert ook door het jaar heen, in de zomer een hoge verdamping, in de winter een lage verdamping, dit patroon herhaalt zich op een structurele manier door de jaren heen.

Over het algemeen is te zien dat het voortschrijdend jaargemiddelde in de periode van ca. 1988 tot ca. 2000 meer fluctueert waarbij hier nattere periodes aanwezig zijn. Vanaf ca. 2000 tot 2016 ligt het voortschrijdend jaargemiddelde vrijwel rond het gemiddelde. Na 2016 vertoont het voortschrijdend jaargemiddelde een drogere periode.

Opvallend is dat de periode tussen ca. 1993 tot eind 1995 enorm natte jaren zijn geweest (te zien aan het voortschrijdend jaargemiddelde). En in een minder langdurige periode was dit ook het geval rond 1999. Dit wordt veroorzaakt door een aantal uitzonderlijk natte winterperiodes.
Ook drogere periodes zijn niet onopvallend in de grafiek. In 1995 op 1996 is er een extreem droge winter aanwezig waardoor het voortschrijdend jaargemiddelde sterk onder het gemiddelde neerslagoverschot ligt. In 2003 is het een drogere periode door de langdurige zomer met neerslagtekort al vroeg in het jaar. In 2017 is korte tijd sprake van een drogere periode doordat de winter voorafgaand aan 2017 relatief droog is geweest. Tot slot is een extremere droge periode zichtbaar in 2018 en 2019. Dit wordt veroorzaakt door twee langdurige droge zomerperiodes in deze jaren. Gemiddelde periodes zijn zichtbaar in 1989 tot 1991, 2000 tot 2003, 2005 tot 2006 en 2012 tot 2016. Hier ligt het voortschrijdend jaargemiddelde nagenoeg gelijk met het gemiddelde neerslagoverschot.



Figuur 11: Meetgegevens van de neerslag en verdamping van het KNMI van de periode van 1987 tot 2020 zijn omgezet naar neerslagoverschot, voortschrijdend maandgemiddelde, voortschrijdend jaargemiddelde, het gemiddelde (neerslagoverschot), de gemiddelde neerslag en de gemiddelde verdamping. Hier zie je bij het voortschrijdend maandgemiddelde de natte (winter) perioden, in de vorm van pieken, en de droge (zomer) perioden, in de vorm van dalen. Bij het voortschrijdend jaargemiddelde zie je de natte jaren (waar het voortschrijdend jaargemiddelde boven het gemiddeld neerslagoverschot uitkomt) en de droge jaren (waar het voortschrijdend jaargemiddelde onder het gemiddeld neerslagoverschot uitkomt) in terug.

5.2 ONDERZOEKSGEBIEDEN

Hier wordt per onderzoeksgebied (Springendal, Punthuizen en Stroothuizen, Lemselermaten en Haaksbergerveen) de resultaten van de analyses (waterkwantiteit en vegetatiemonitoring) beschreven.

5.2.1 Springendal

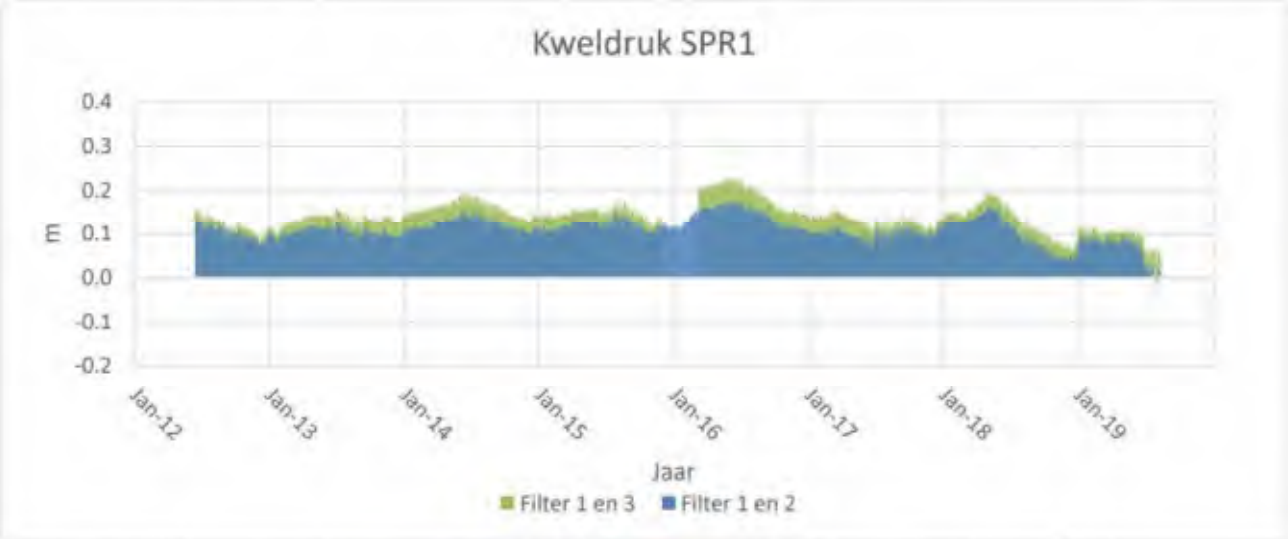
In Springendal staan de peilbuizen in de kern van het gebied in het beekdal langs de beek zoals te zien op de luchtfoto in figuur 12. Van bovenstrooms (west) naar benedenstrooms (oost), van hoog op de stuwwal naar laag op de flank van de stuwwal in het dal, staan de peilbuizen als volgt: SPR1, SPR2, SPR3 en SPR4. In bijlage 2 staat de hoogtekaart van het Springendal.

Figuur 12: Luchtfoto van het Springendal met de peilbuislocaties en de gebiedsbegrenzing.

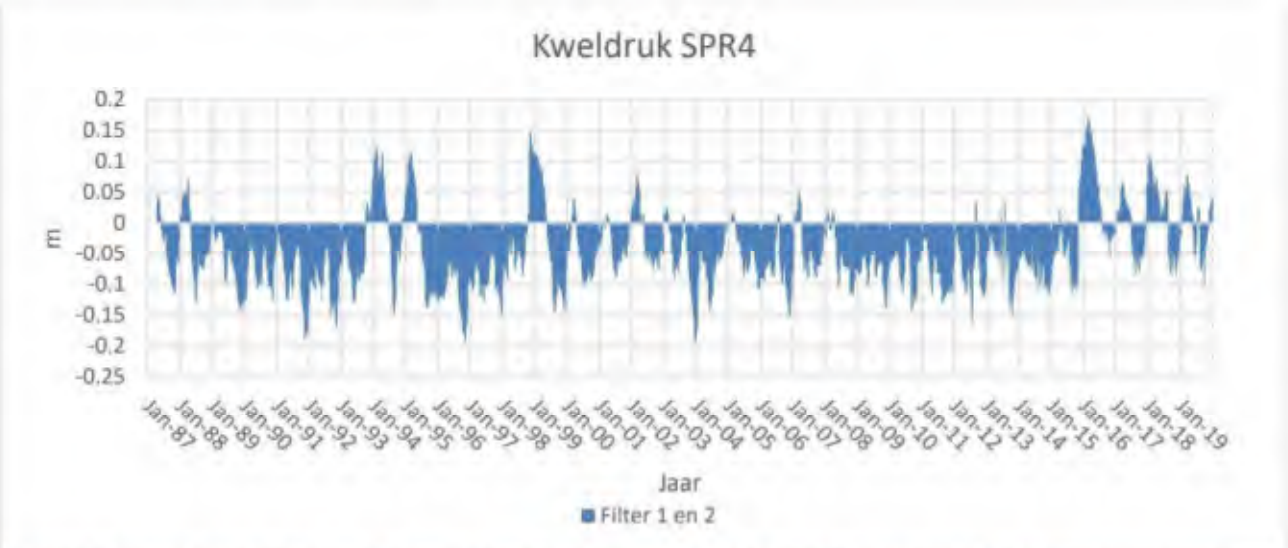
5.2.1.1 *Analyses*

Waterkwantiteit

De simulaties van de grondwaterstanden in het Springendal zijn over het algemeen vrij stabiel (zie bijlage 10). Tijdens droge periodes verminderd de stijghoogte/kweldruk van het watervoerende pakket waardoor het grondwater dieper wegzakt (dit zie je in de vermindering van aftoppingen aan maaiveld). Door de vermindering van kwel in droge periodes is er een verminderde beekafvoer aanwezig. Echter blijft er kwel aanwezig waardoor altijd afvoer plaats vindt. Over het algemeen zakt het grondwater niet diep weg doordat het systeem een continue grondwateraanvoer heeft, wat resulteert in stabiele waterstanden. Echter is voor peilbuis SPR1 het wegzakken van de grondwaterstand het kantelpunt voor de continue grondwateraanvoer van de bron. Door het verminderde stijghoogteverschil (zie figuur 13) is hier in droge perioden verminderde of geen afvoer van water aanwezig in de bron doordat de grondwaterstand onder maaiveld blijft. De herstelmaatregelen (beekbodemverhoging) bij peilbuis SPR4 die zijn genomen hebben geresulteerd in een stijghoogte verhoging waardoor er meer kwel ontstaat vanaf 2016 (zie figuur 14). Hierdoor is een infiltratiegebied omgezet naar een kwelgebied. Door de maatregelen zijn de waterstanden stabieler geworden en zakt in droge periodes het grondwater minder diep uit. Zelfs gedurende de droogte van 2018 en 2019 waren de grondwaterstand en de stijghoogte hoger dan voor de maatregel. Daarmee heeft de uitgevoerde maatregel de structureel te lage grondwaterstanden opgeheven en heeft het systeem minder kwetsbaar gemaakt voor extreme droogteperiodes.



Figuur 13: Kweldruk van de grondwaterstanden in peilbuis SPR1 over der periode 2012 tot 2020. In deze grafiek is het stijghoogteverschil bepaald van filter 1 t.o.v. filter 2 en filter 3.



Figuur 14: Kweldruk van de simulaties in peilbuis SPR4 over der periode 1987 tot 2020. In deze grafiek is het stijghoogteverschil bepaald van filter 1 t.o.v. filter 2. Hierbij is in 1987 tot 2016 gebruik gemaakt van de simulaties van voor de maatregelen. Na 2016 is gebruik gemaakt van de simulaties van na de maatregelen.

Vegetatiemonitoring

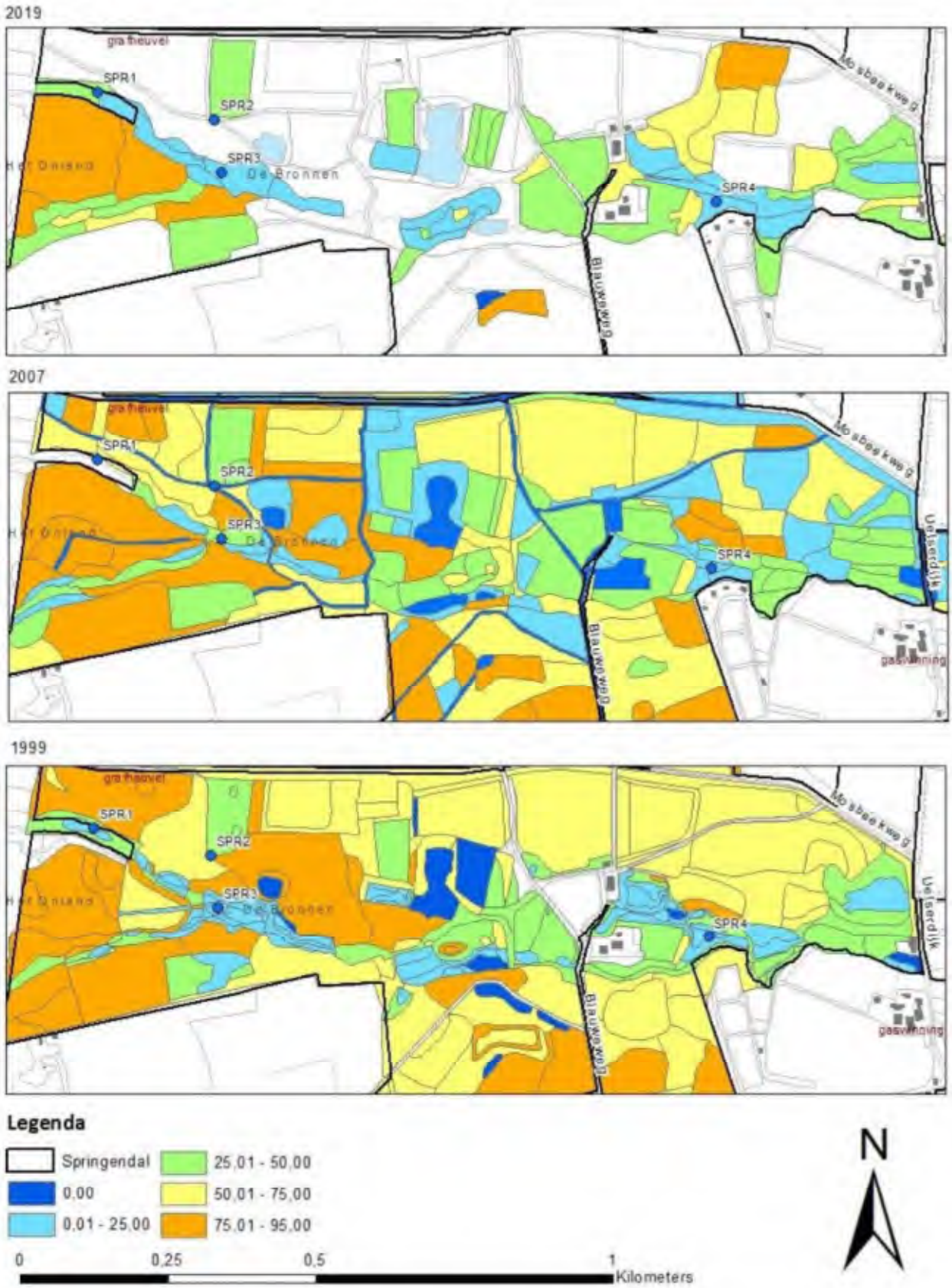
In figuur 15 zijn de standplaatscondities van de gvg zichtbaar o.b.v. de vegetatiekartering. In deze kaart is zichtbaar dat er een afname is van de aan natte omstandigheden gebonden vegetatietypen langs de beek van 1999 naar 2007. Dit is te zien aan de afname van de blauwe (0,01-25,00 cm) vegetatievlakken. Van 2007 naar 2019 is er een toename zichtbaar van de aan natte omstandigheden gebonden vegetatietypen langs de beek. Met name in benedenstrooms in de middenloop bij peilbuis SPR4 is er een toename van de hoeveelheid en grootte van de blauwe vegetatievlakken. Ook in de noordelijke beektak, bij peilbuis SPR1 en SPR3, is een toename van de blauwe vegetatievlakken. De zuidelijke beektak vertoont in enige mate de afname van blauwe vegetatievlakken van 1999 naar 2019 en lijkt de gvg dus af te nemen.

In de vegetatie zie je terug dat de gvg relatief gelijk blijft rondom de beek (1999-2007). Na de maatregel van de beekbodemophoging (2015) is er vernatting opgetreden. Met name duidelijk terug te zien bij SPR4 waar de gvg is toegenomen. Dit is ook te zien in de sterke toename van de grondwaterstanden en de stijghoogte in peilbuis SPR4.

Een directe vergelijking van de gvg van de vegetatiekarteringen en de gxg van de grondwaterstanden is niet mogelijk bij het gebruik van deze monitoringsdata. De standplaatscondities behorende bij het vegetatievlak waar de peilbuizen in staan vertonen een tegenstrijdig beeld met de peilbuisgegevens (zie bijlage 11). Dit wordt veroorzaakt door subjectieve verschillen in vegetatievlakken, verschil in kaartschalen, opnamefrequentie en vegetatietyperingen binnen de vegetatievlakken.

Bodem-pH

In figuur 16 is de vegetatiekaart met de standplaatscondities betreft de pH zichtbaar. De pH langs de beek over de periode van 1999 tot 2019 is vrij stabiel. Dit komt overeen met de grondwaterstanden in de peilbuizen. De kweldruk is in de beek vrij constant over de periode van 1987 tot 2020 Ondanks droge periodes is er altijd aanvoer van (kwel)water in- en rondom de beek. De kwelflux is momenteel voldoende om de pH in stand te houden. Er treedt geen verzuring op omdat deze kwelfluxen ook tijdens droogte nog voldoende aanwezig zijn om de basenverzadiging op peil te houden. De meteorologische droogte heeft hier geen directe impact op.



Figuur 15: Vegetatiekartering met de gvg indicatiewaardes van het Springendal in 2019, 2007 en 1999.

Figuur 16: Vegetatiekartering met de pH indicatiewaardes van het Springendal in 2019, 2007 en 1999.

5.2.2 Lemselermaten

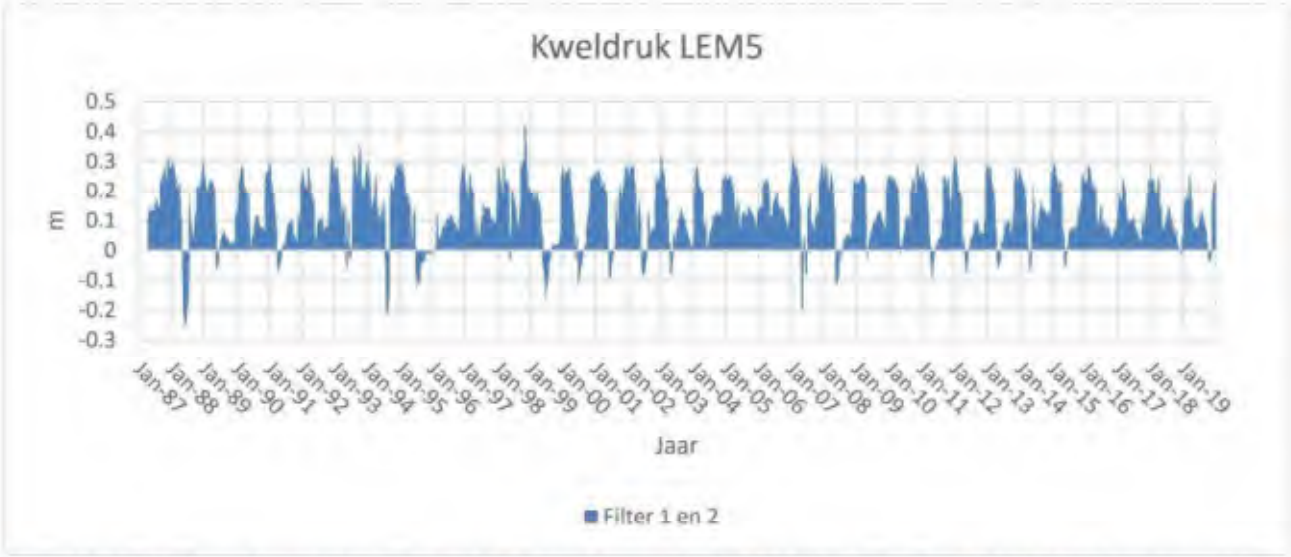
De peilbuizen in de Lemselermaten welke worden gebruikt voor het in beeld brengen van het systeem-functioneren d.m.v. een dwarsdoorsnede zijn zichtbaar in de lichtfoto van figuur 17. Ook de PQ opnames (Kleuver en Hofstra) zijn weergegeven in de kaart.

Figuur 17: Luchtfoto Lemselermaten met peilbuizen LEM1 t/m LEM6 en PQ Kleuver en Hofstra.

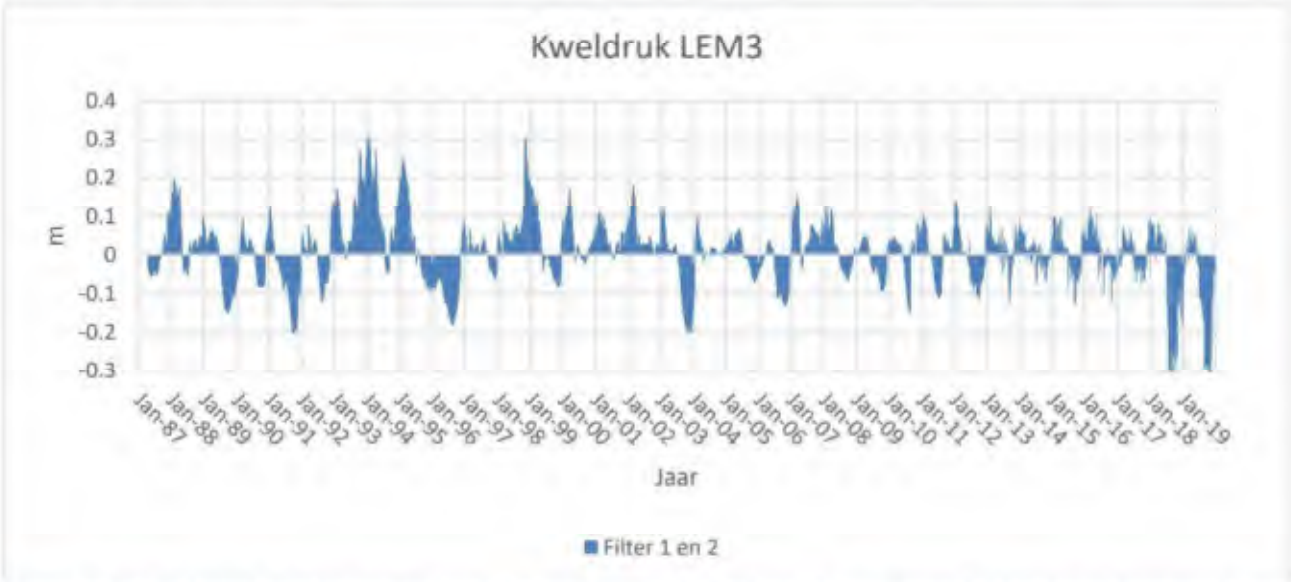
5.2.2.1 *Analyses*

Waterkwantiteit

De simulaties van alle peilbuizen in de Lemselermaten zijn te vinden in bijlage 12. De simulaties laten zien dat overal in de Lemselermaten kwel uittreedt in het winterhalfjaar, dit is goed te zien in peilbuis LEM5 waar ook in droge periodes sterke kwel uittreedt ondanks dieper wegzakkende grondwaterstanden (zie figuur 18). In de maatjes is er sprake van wegzijging gedurende (droge) zomerperiodes. Hoger op de gradiënt hebben de grondwaterstanden grotere fluctuaties waardoor deze gevoeliger zijn voor meteorologische droogte. De mate waarop kwel optreedt is sterker afhankelijk van het neerslagoverschot dan de freatische grondwaterstand, dit is te zien aan de grotere fluctuaties in de stijghoogte dan in het freatisch grondwater. Dat komt doordat de ondiepe grondwaterstanden op de lage delen in het beekdal worden afgetopt door afvoer van grondwater over maaiveld. Als gevolg van de droogte in 2018 herstelde het diepe grondwater zich niet ten opzichte van normaal waardoor op een aantal punten nauwelijks sprake was van kwel in de winter van 2018-2019. Dit is te zien in peilbuis LEM3 in de maatjes (zie figuur 19). Hier zakt de grondwaterstand langdurig diep weg waarbij de stijghoogte sterk afneemt met als gevolg langdurige sterke wegzijging.



Figuur 18: Kweldruk van de simulaties in peilbuis LEM5 over der periode 1987 tot 2020. In deze grafiek is het stijghoogteverschil bepaald van filter 1 t.o.v. filter 2.

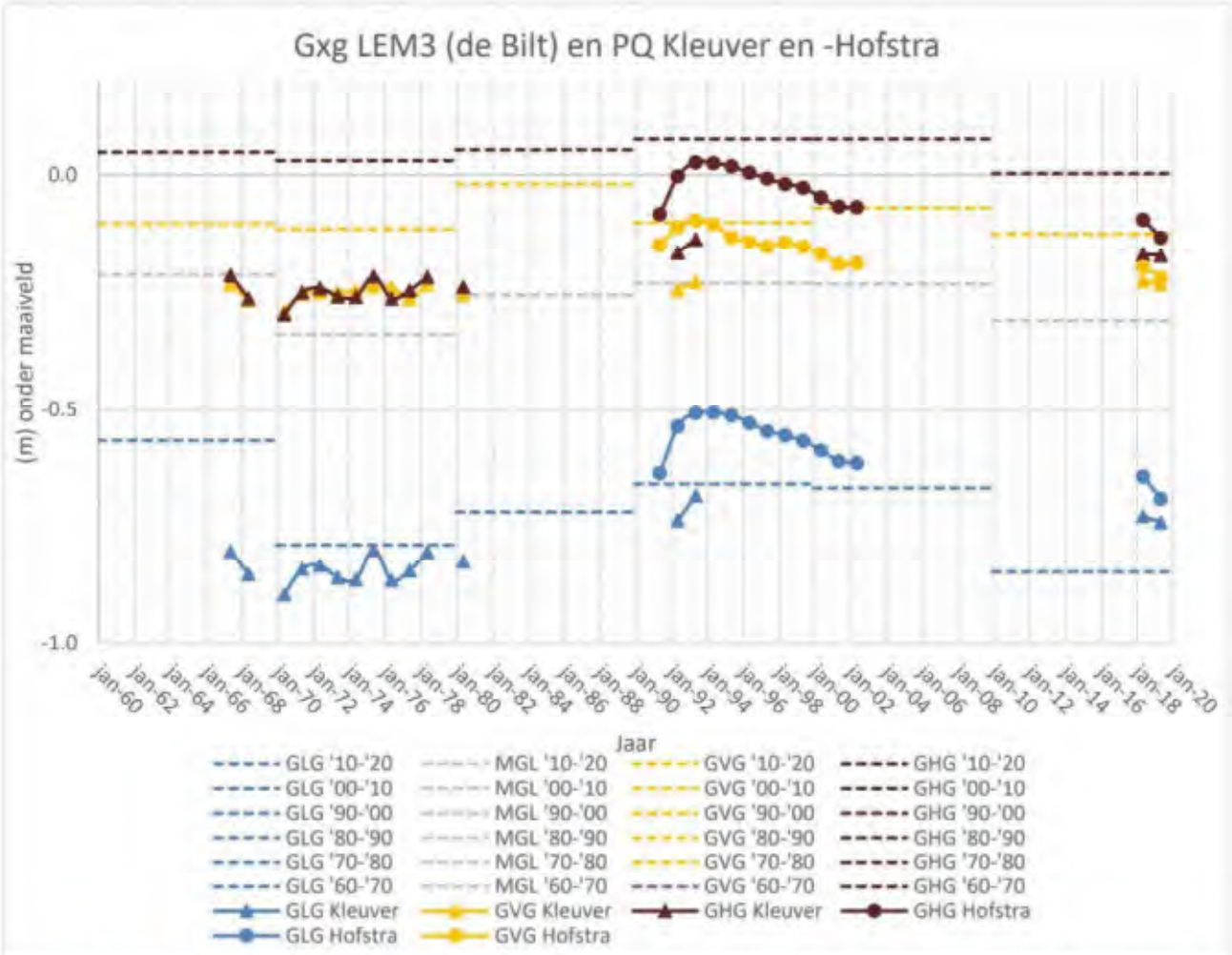


Figuur 19: Kweldruk van de simulaties in peilbuis LEM3 over der periode 1987 tot 2020. In deze grafiek is het stijghoogteverschil bepaald van filter 1 t.o.v. filter 2.

Vegetatiemonitoring

Een vergelijking wordt gedaan met de hydrologie en de vegetatie. De PQ Kleuver en -Hofstra kunnen beide vergeleken worden met de peilbuisgegevens van LEM3 doordat deze dichtbij elkaar staan. De standplaatscondities van beide PQ's worden vergeleken met de gxg's van het tijdreeksmodel uit LEM3. In de paragraaf 'Bodem-pH' wordt gekeken naar de standplaatscondities op basis van de PQ's.

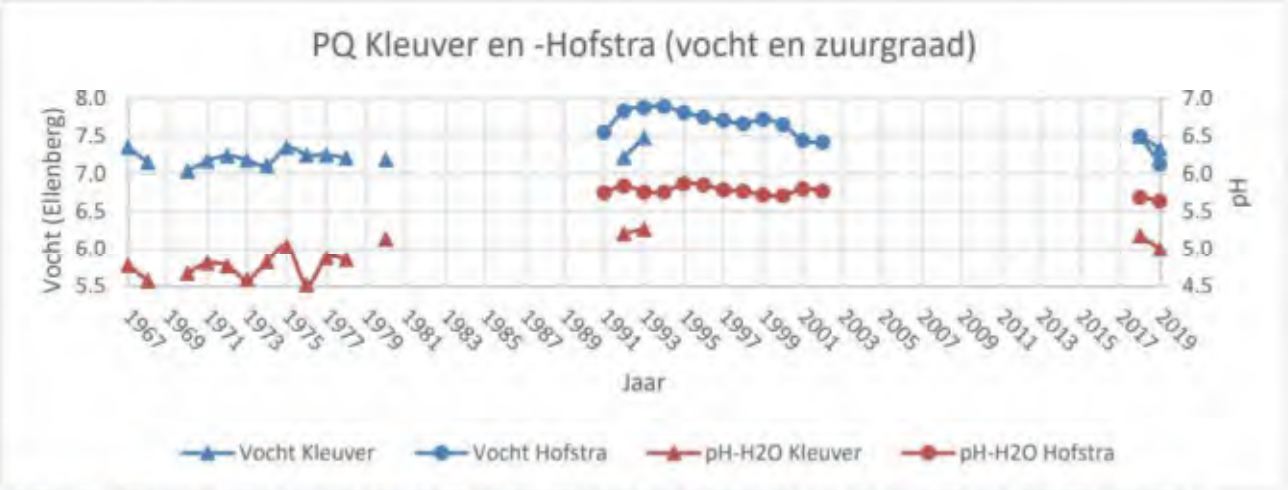
In figuur 20 is de gxg van LEM3 en PQ Kleuver en -Hofstra zichtbaar. PQ Kleuver ligt in het 'Oude maatje' PQ Hofstra ligt in het 'Westelijke maatje' net als peilbuis LEM3. PQ Hofstra is ingezet om de effecten van de plagwerkzaamheden in beeld te brengen. Dit is terug te zien in het begin van de PQ-reeks waarbij de vegetatie zich nog moet instellen op de standplaatscondities. De ghg en de gvg van de PQ's zitten altijd dieper dan de ghg en de gvg van LEM3. De glg van Kleuver zit ook vaak dieper dan de glg van LEM3. De glg van Hofstra vertoont echter het tegenovergestelde beeld, deze zit structureel hoger dan de glg van de hydrologie. De absolute verschillen in standplaatscondities in beide PQ's en de daaraan gekoppelde peilbuis (LEM3) zijn te verklaren door de methodische verschillen en de het feit dat beide PQ's op een net iets andere locatie in de gradiënt staan dan de peilbuis, ondanks dat beide PQ's dicht bij de peilbuis liggen. De gxg van de vegetatie is vergelijkbaar met de gxg van de hydrologie en lijkt overeen te komen met de hoeveelheid kwel die plaats vindt in de periodes (zie figuur 19). De standplaatscondities volgen hiermee het grondwaterstandsverloop. Duidelijk is dat de droogte van 2018 en 2019 met name grote impact heeft op de glg van peilbuis LEM3. Doordat in deze peilbuis aftoppingen aan maaiveld plaats vinden is de impact op de ghg en gvg minder goed zichtbaar. De duur van het voorkomen van de ghg en gvg is echter niet zichtbaar in onderstaande figuur. Maar in figuur 70 in bijlage 12 is zichtbaar dat dit in 2018-2019 vermindert. De grondwaterstanden en de kweldruk hebben een direct verband met de standplaatscondities en daarmee heeft de meteorologie direct- en indirect invloed op het functioneren van het natuurgebied.



Figuur 20: De GxG volgens de standplaatscondities van de vegetatie en de hydrologie. De GxG van de vegetatie op basis van de PQ opnames van Kleuver en Hofstra uit Turboveg. De GxG van de hydrologie op basis van het tijdreeksmodel van peilbuis LEM3 (de Bilt) (bijlage 13) uit Menyanthes. De hydrologische GxG is bepaald over de periodes van 10 jaar (1960-1970, 1970-1980, 1980-1990, 1990-2000, 2000-2010, 2010-2020).

Bodem-pH

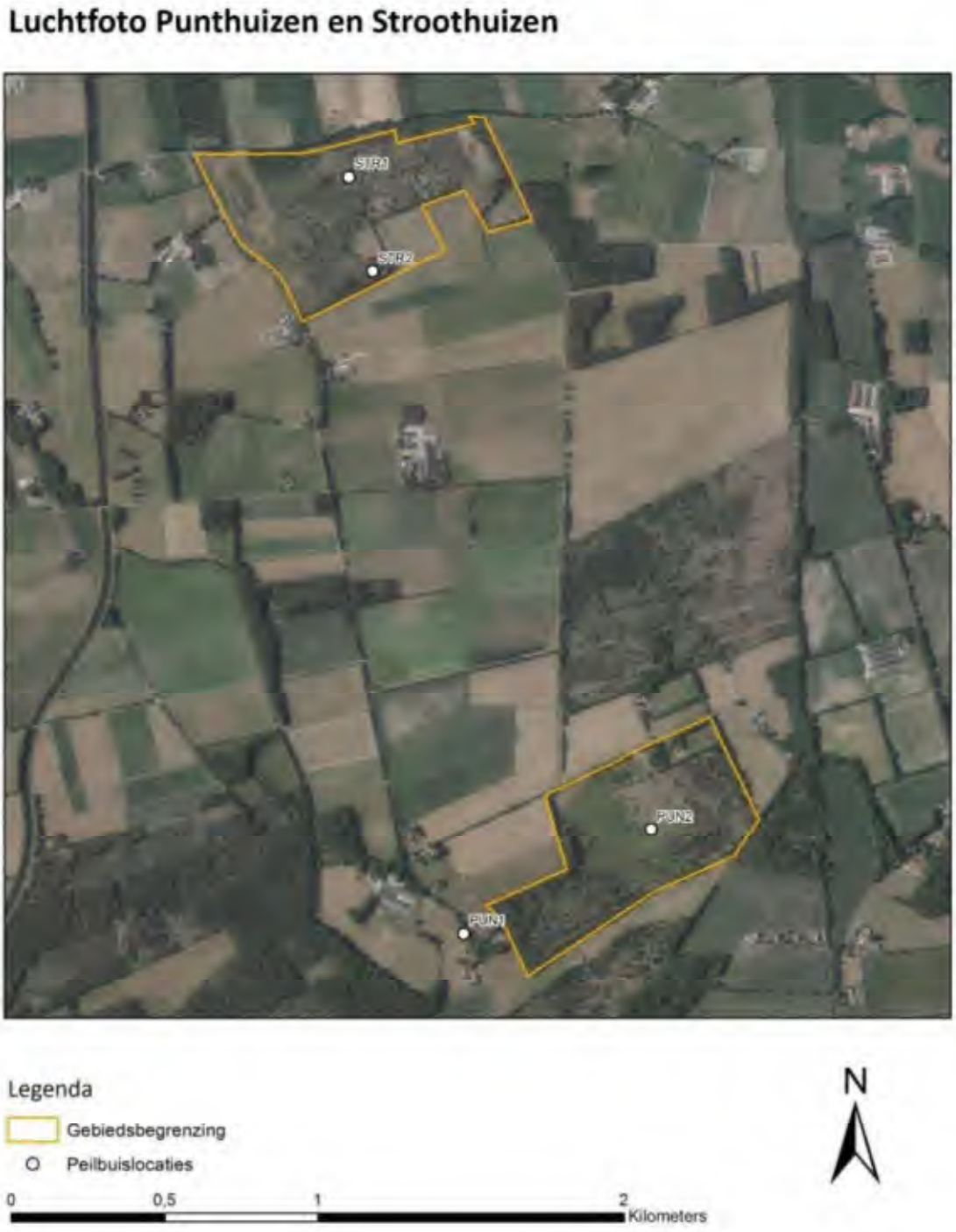
In figuur 21 is het vochtgehalte en de zuurgraad te zien van PQ Kleuver en PQ Hofstra. Het vochtgehalte in beide PQ-reeksen volgt de trend van de gxg uit de PQ's bijna één op één. De zuurgraad is meer variabel maar vertoont overeenkomsten met de hoeveelheid kwel wat voorafgaand aanwezig is geweest. In de PQ Hofstra kan naast de effecten van de kweltoevoer ook de ophoping van organische stof na het plaggen resulteren in een lagere bodem-pH. Bij een toename van organische stof is er namelijk een grotere aanvoer van basen via kwel nodig om de basenverzadiging (en dus de pH) op hetzelfde niveau te houden.



Figuur 21: Zuurgraad en vochtgehaltes van de PQ Kleuver en -Hofstra in de periode van 1967-2019, verkregen uit Turboveg.

5.2.3 Punthuizen en Stroothuizen

Punthuizen heeft twee peilbuizen met actuele en voldoende lange metingen, namelijk PUN2, deze peilbuis staat in het centrum van het natuurgebied, en PUN1 deze staat ca. 100m buiten het gebied aan de zuidwestelijke zijde (figuur 22). Op de hoogtekaart in bijlage 2 is te zien dat peilbuis PUN2 op de overgang van dekzandrug naar de laagte staat en peilbuis PUN1 staat naast een sloot buiten het gebied.
In Stroothuizen zijn twee peilbuizen aanwezig. Deze peilbuizen staan beide in het natuurgebied. Peilbuis STR1 ligt in het centrum aan de noordkant van het gebied en peilbuis STR2 ligt aan de zuidkant van het gebied (figuur 22). Beide punten liggen op de overgang naar de laagtes (zie hoogtekaart in bijlage 1). Hierbij staat de peilbuis STR1 lager in de gradiënt, dichter tegen de (in de winter) geïnundeerde laagte aan, en peilbuis STR2 staat iets hoger op de gradiënt, richting een dekzandrug.



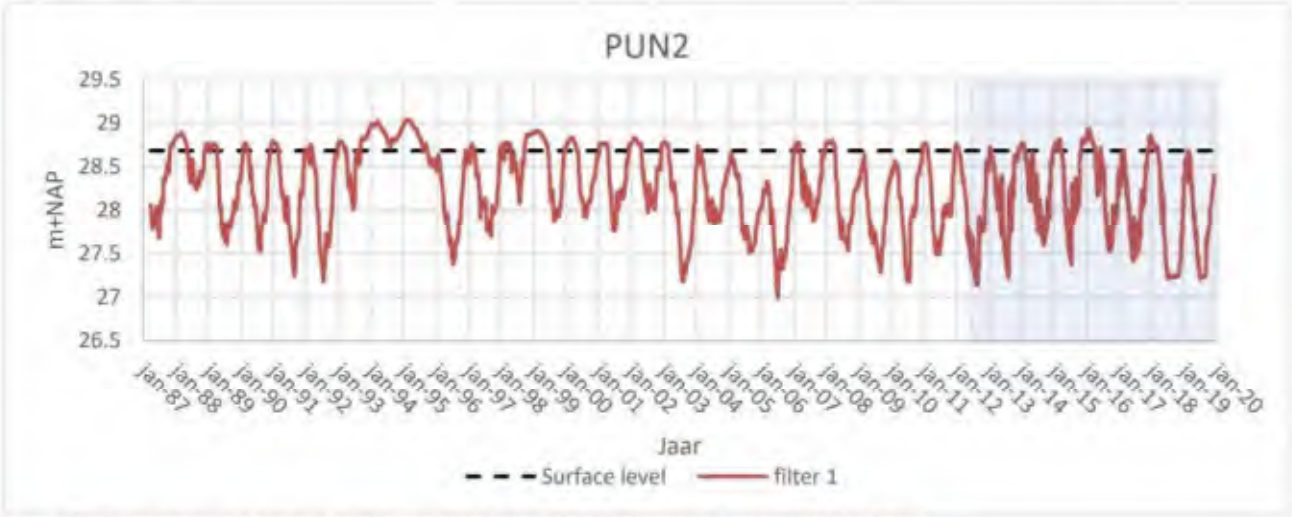
Figuur 22: Luchtfoto van Punthuizen en Stroothuizen met de peilbuislocaties en de gebiedsbegrenzing. Boven; Stroothuizen, beneden; Punthuizen.

5.2.3.1 *Analyses*

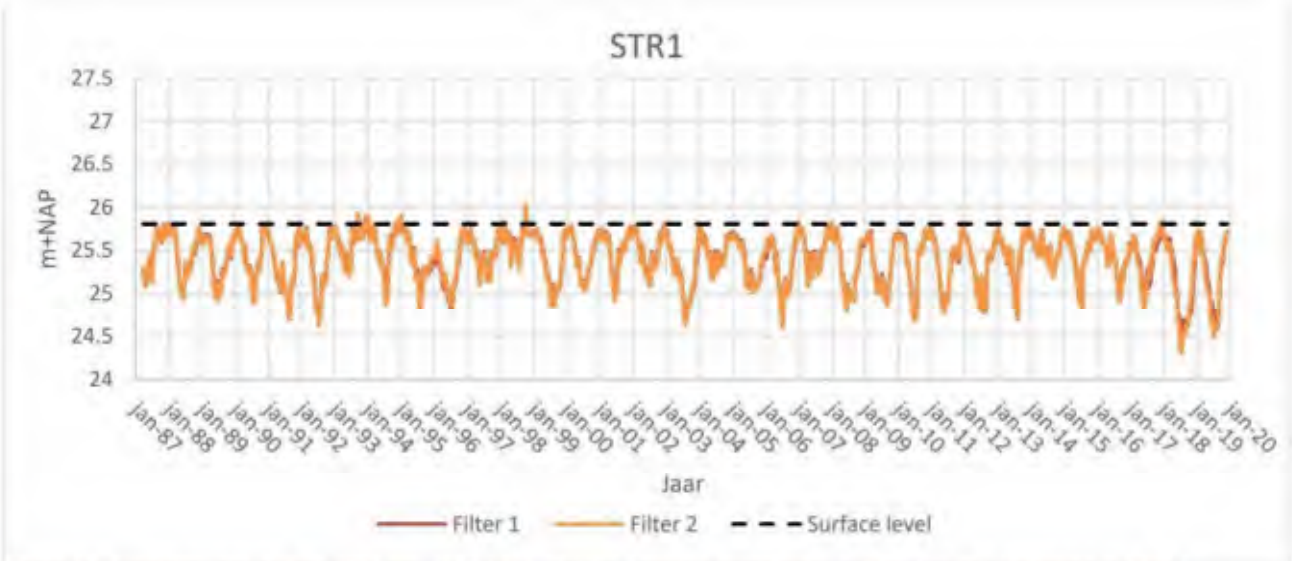
Waterkwantiteit

Over de gradiënt heen is er in Punthuizen en Stroothuizen wegzijging in de dekzandrug, en kwel op de randen van de geïnundeerde laagtes. In bijlage 14 zijn alle simulaties van de grondwaterstanden zichtbaar. Peilbuis PUN2 in Punthuizen staat op de rand van de (in de winter) geïnundeerde laagte. In de simulatie van de grondwaterstanden zijn aftoppingen aan maaiveld zichtbaar gedurende de natte winterperioden (figuur 23). De duur van deze aftoppingen komt overeen met de duur van inundatie van de laagtes. Hier is te zien dat de inundatieduur van 2018 op 2019 kortstondig is geweest. Ook in de simulatie van peilbuis STR1 in Stroothuizen, welke ook op de rand van de (in de winter) geïnundeerde laagte staat, is te zien dat de aftoppingen korter aanwezig zijn (figuur 24). Gedurende de natte winterperiode is er sprake van kwel waarna deze weer wegvalt gedurende de zomer. Dit is te zien in figuur 25 van peilbuis STR1 in Stroothuizen. De toename van kwel en wegzijging in de afgelopen jaren geeft blijk van de afname van het bereik van de geïnundeerde laagtes. Het meetpunt komt hierdoor hoger in de gradiënt te liggen wat als gevolg een toename van kwel en wegzijging geeft.

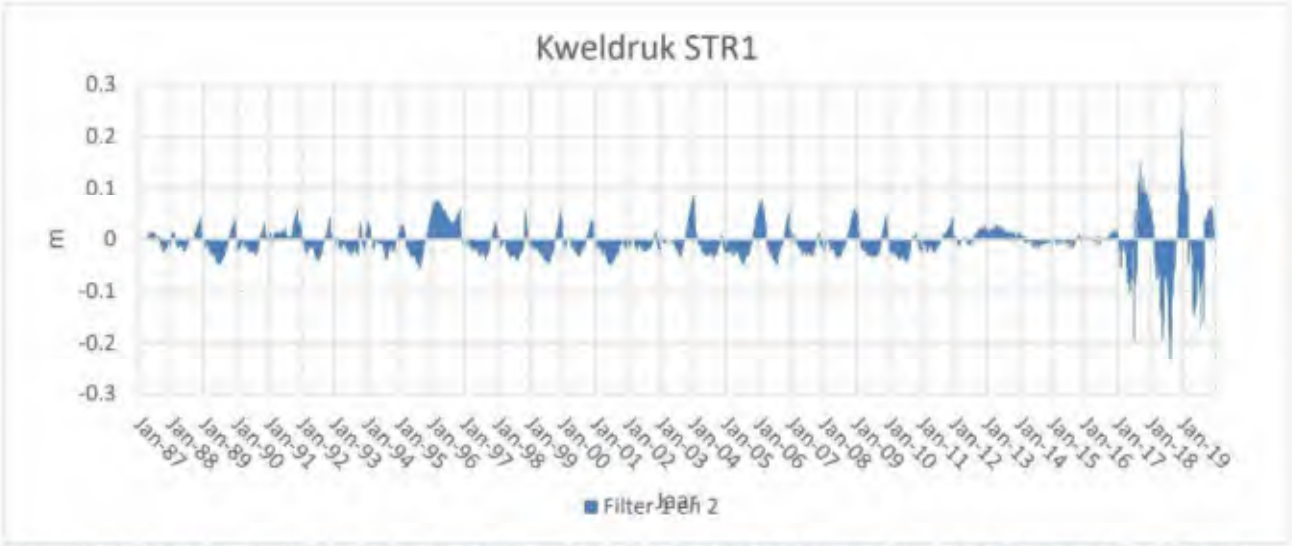
Hoger op de gradiënt is de invloed van de droge en natte perioden duidelijker zichtbaar in Punthuizen en Stroothuizen. Dit is te zien aan de aftoppingen die plaats vindt in de laagtes doordat water via de slenk over maaiveld wordt afgevoerd terwijl in de dekzandrug en op de flanken van de denkzandrug de grondwaterstand wel stijgen in natte perioden.



Figuur 23: Simulaties van peilbuis PUN2 van 1987-2020. Met het freatisch grondwater in filter 1.



Figuur 24: Simulaties van peilbuis STR1 van 1987-2020. Met het freatisch grondwater in filter 1 en de stijghoogte in filter 2.



Figuur 25: Kweldruk van de simulaties in peilbuis STR1 over der periode 1987 tot 2020. In deze grafiek is het stijghoogteverschil bepaald van filter 1 t.o.v. filter 2.

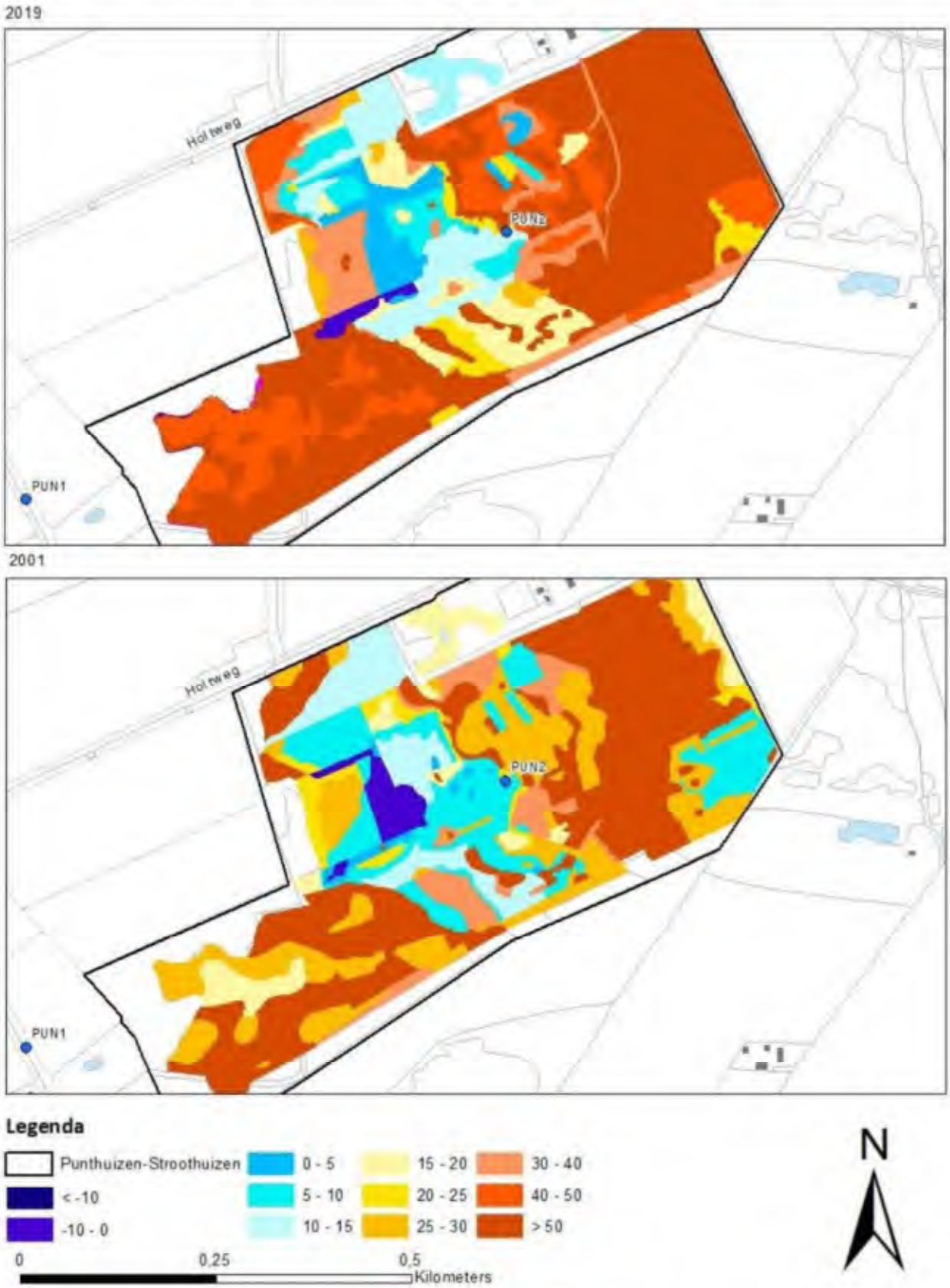
Vegetatiemonitoring

In figuur 26 zijn de standplaatscondities van de gvg zichtbaar o.b.v. de vegetatiekartering in Punthuizen. In deze kaart is zichtbaar dat er een afname is van de aan natte omstandigheden gebonden vegetatietypen. Met name op de flanken en overgangszones. De natste delen van de geïnundeerde laagtes nemen ook af. Hetzelfde beeld is te zien in Stroothuizen in figuur 27. De natste delen van de slenkstructuren nemen in grootte af en overgangszones verdwijnen doordat het droger wordt op die locaties.
Te zien is dat de meteorologische droogte directe impact heeft op de hogere delen in de gradiënt. De kwelstroom veranderd hierdoor drastisch op de flanken van de dekzandrug. Door afname van de kwelstroom en vermindering van de grondwaterstanden staan deze plaatsen het meest onder druk. Op de randen van de geïnundeerde laagtes is dit minder doordat de kwelstroom hier het sterkst is gedurende droge periodes.

Een directe vergelijking van de gvg van de vegetatiekarteringen en de gxg van de grondwaterstanden is niet mogelijk bij het gebruik van deze monitoringsdata. De standplaatscondities behorende bij het vegetatievlak waar de peilbuizen in staan vertonen een tegenstrijdig beeld met de peilbuisgegevens (zie bijlage 16). Dit wordt veroorzaakt door subjectieve verschillen in vegetatievlakken, verschil in kaartschalen, opnamefrequentie en vegetatietyperingen binnen de vegetatievlakken.

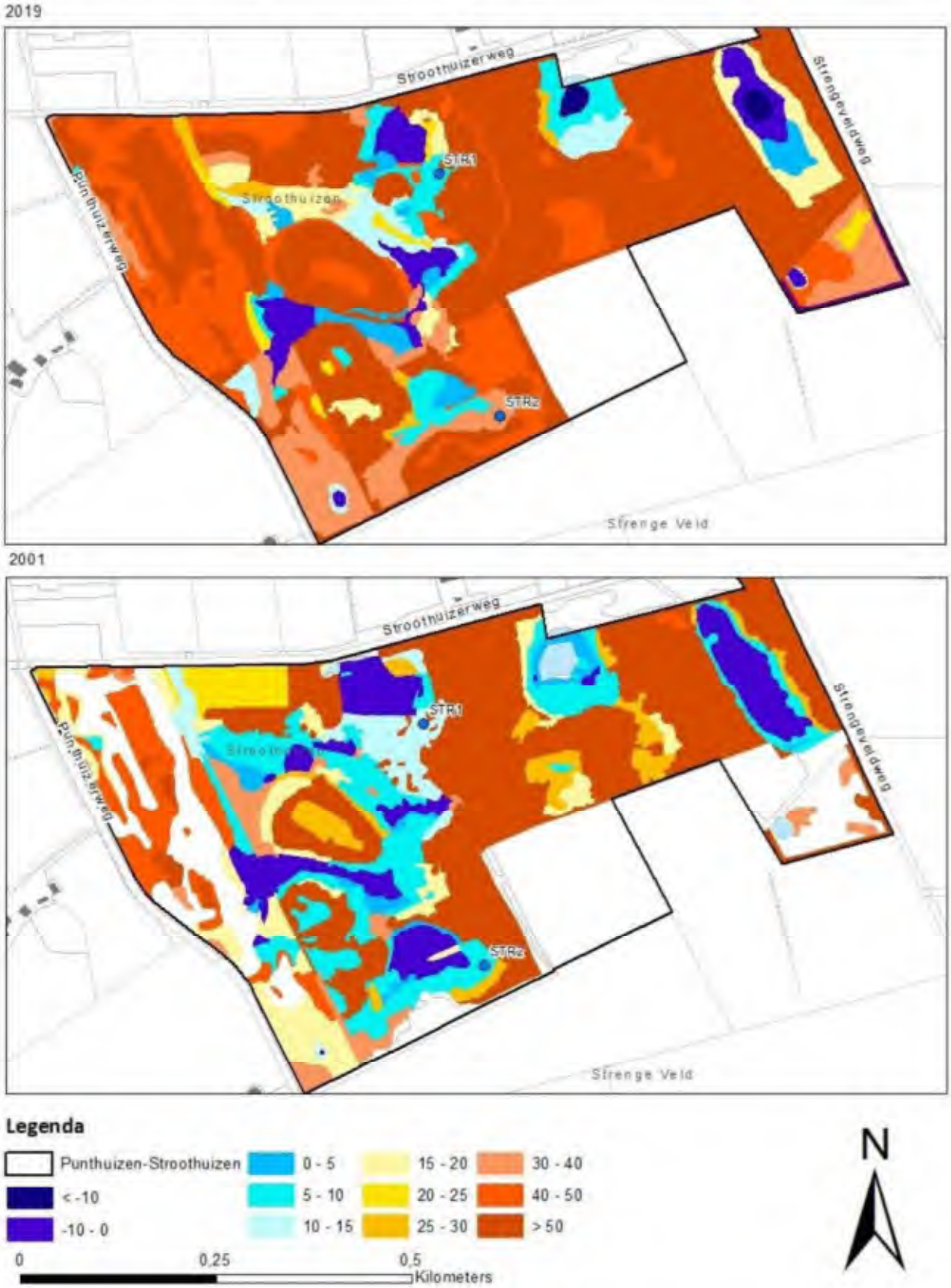
Bodem-pH

Te zien is dat er een toename van de zuurgraad is in de randzones en de geïnundeerde laagte in de vegetatiekaart (figuur 28), met name bij peilbuis PUN2. De stijghoogte wordt in Punthuizen (peilbuis PUN2) niet gemeten. Het is daarom niet met zekerheid te zeggen dat dit veroorzaakt wordt door een versterkte kwelstroom richting peilbuis PUN2. Door een groter neerslagtekort kan worden verondersteld dat de kwelstroom wordt verminderd richting de laagtes. De kwelstroom centreert zich hierbij wel naar de randen van de geïnundeerde laagtes maar neemt in intensiteit af. De hoeveelheid en diversiteit van basen minnende vegetatie neemt hierdoor af. Dit gaat m.n. om de verarming van blauwgraslandvegetaties en vermindering van zwak gebufferde ven vegetaties (van Dongen, Eysink, van der Ent, & Brummelman, 2017). Ook kan een toename van mengwater met basenrijke kwel ontstaan waardoor de zuurgraad zou kunnen stijgen.
Ook in Stroothuizen is een toename van de zuurgraad zichtbaar op de flanken (figuur 29). In het Oortven daalt de zuurgraad echter. Evenals in Punthuizen is hier een vergelijkbare situatie zichtbaar. De invloed van het neerslagtekort zorgt voor afname van kwelstroom. Hierbij centreert de kwelstroom zich tot de randen van de geïnundeerde laagtes maar neemt in intensiteit af. In het Oortven wordt de daling veroorzaakt door de afname/ afwezigheid van de lokale kwelstroom waar dit ven volledig van afhankelijk is.

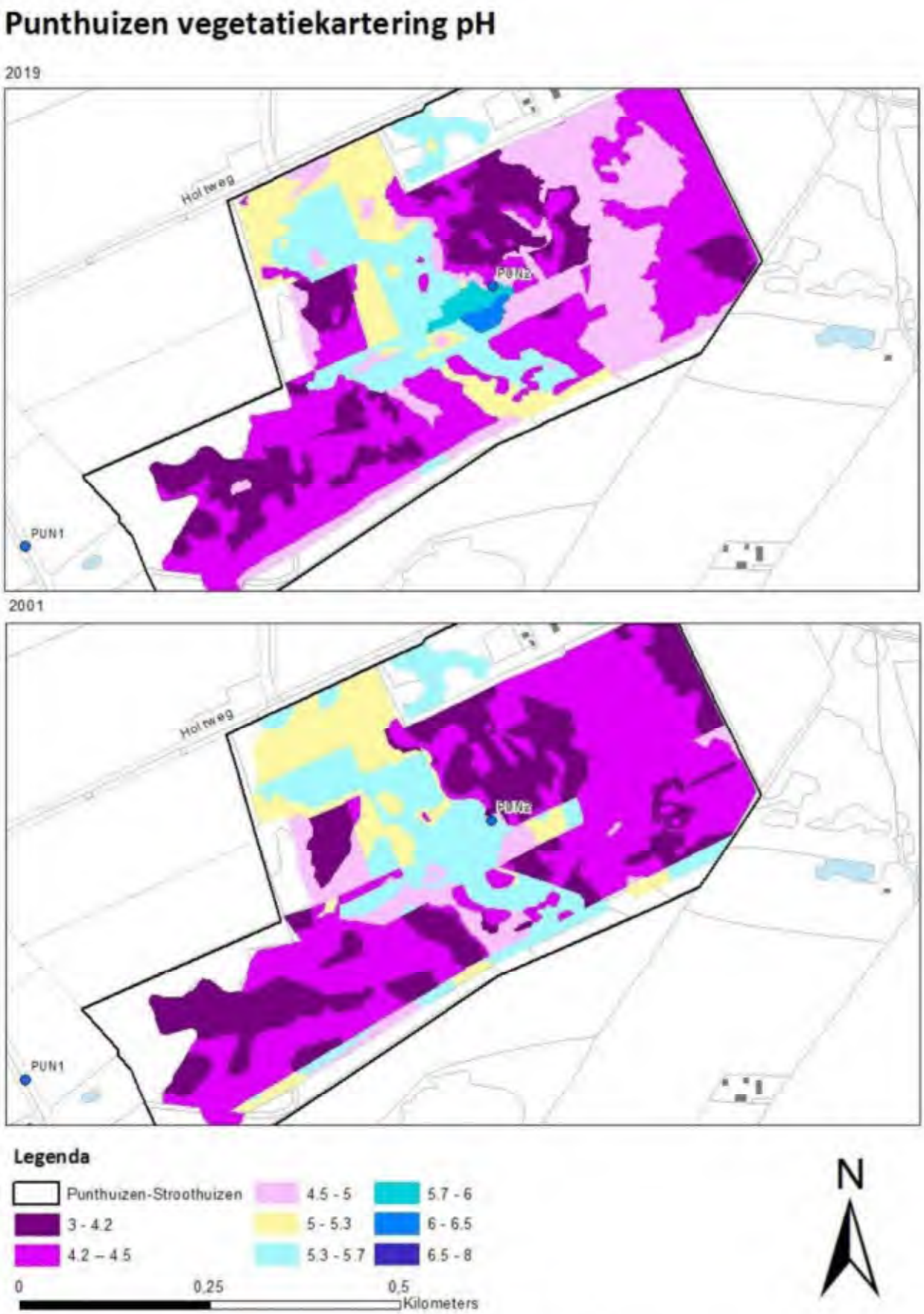


Figuur 26: Vegetatiekartering met de gvg indicatiewaardes van Punthuizen in 2019 en 2001

Stroothuizen vegetatiekartering gvg

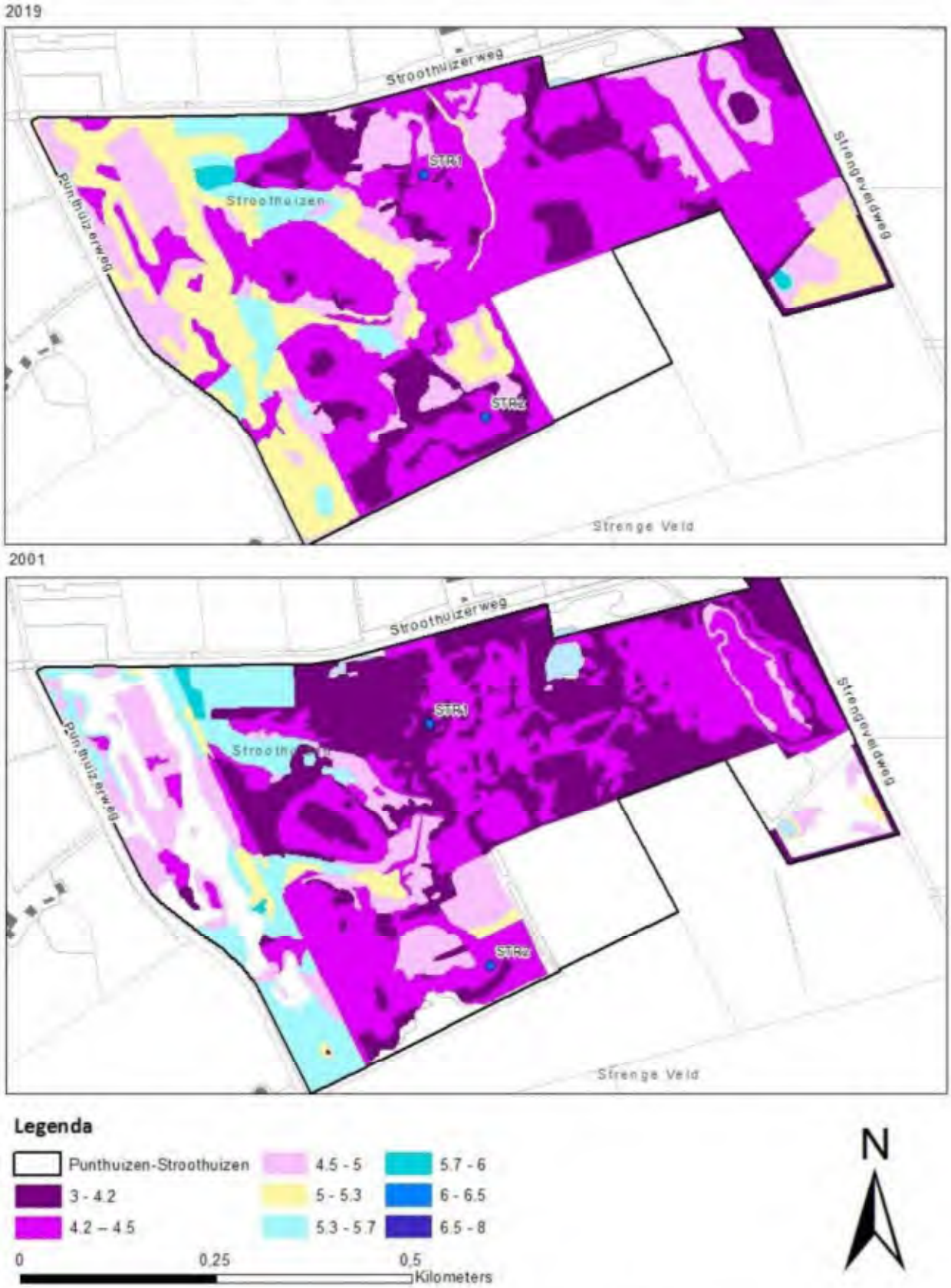


Figuur 27: Vegetatiekartering met de gvg indicatiewaardes van Stroothuizen in 2019 en 2001



Figuur 28: Vegetatiekartering met de pH indicatiewaardes van Punthuizen in 2001 en 2019.

Stroothuizen vegetatiekartering pH



Figuur 29: Vegetatiekartering met de pH indicatiewaardes van Stroothuizen in 2001 en 2019.

5.2.4 Haaksbergerveen

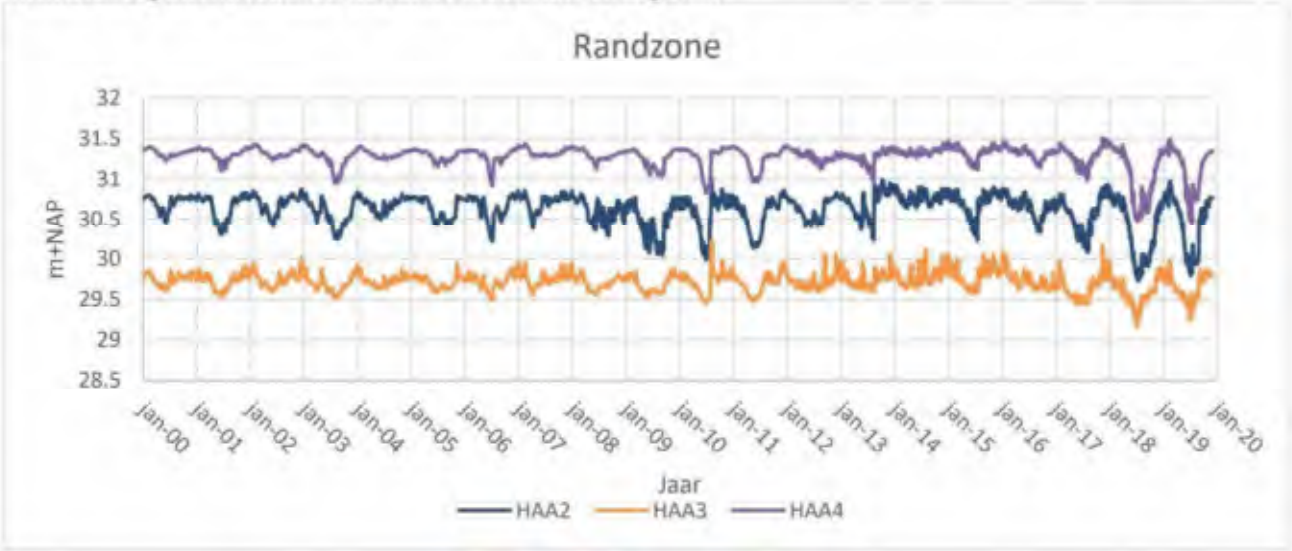
De peilbuizen in het Haaksbergerveen die worden gebruikt voor het in beeld brengen van het systeem-functioneren zijn zichtbaar in figuur 30. Ook de transectkarteringen zijn hierin zichtbaar. HAA1 is opgenomen om mogelijk te vergelijking met de transectkarteringen (transect 1 en 2). HAA2 is opgenomen om de randzone van het Haaksbergerveen te bekijken. De peilbuizen HAA3 t/m HAA8 worden gebruikt voor het maken van de dwarsdoorsnede.

Figuur 30: Luchtfoto van Punthuizen en Stroothuizen met de peilbuislocaties en de gebiedsbegrenzing.

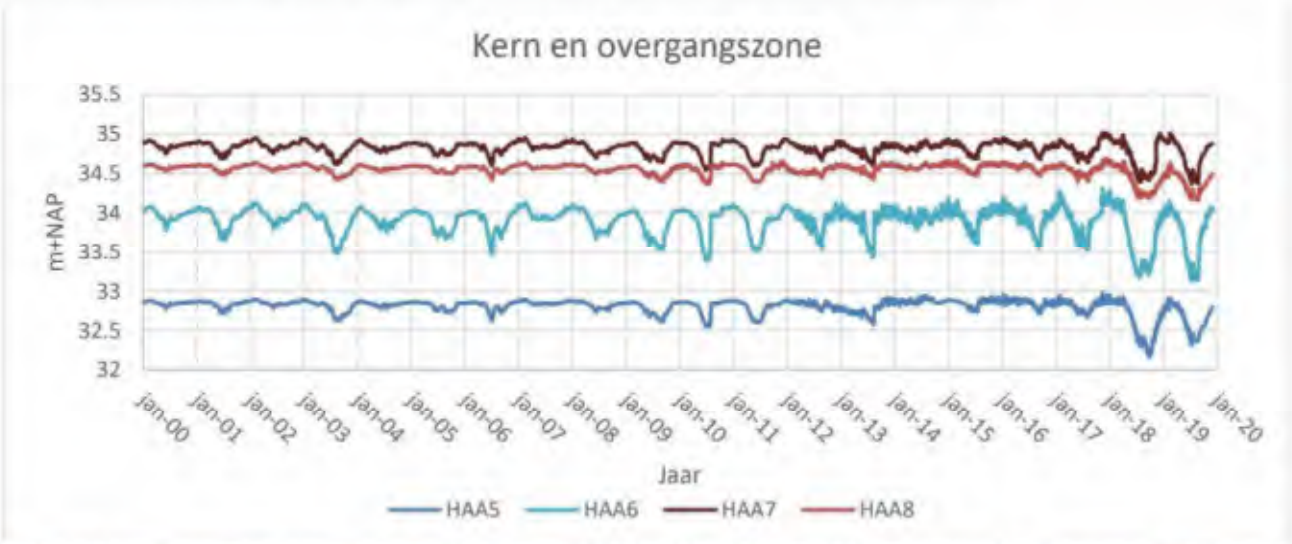
5.2.4.1 *Analyses*

Waterkwantiteit

De simulaties van de peilbuizen in het Haaksbergerveen zijn weergegeven in bijlage 17. In figuur 31 zijn de simulaties van de randzones- en in figuur 32 zijn de simulaties van de kern en overgangszone zichtbaar. Hoe verder naar de randen van het Haaksbergerveen, hoe meer fluctuaties er zijn in de grondwaterstanden. Hoe verder naar de kern van het Haaksbergerveen, des te minder de grondwaterstand fluctueert. De impact van de twee droge zomers in 2018 en 2019 zijn in alle simulaties zichtbaar. De meteorologische droogte heeft de meeste impact gehad op de randzones van het Haaksbergerveen maar de effecten van de droogte op de grondwaterstanden heeft doorgewerkt tot in de kern. In de grondwaterstanden is dit al te zien in de zomer van 2018. De zomer van 2019 was minder droog, maar heeft grote impact gehad doordat de grondwaterstanden nog niet geheel waren hersteld. In de randzones zakt de grondwaterstand in de zomer van 2019 hier minder diep weg dan de zomer van 2018. Richting de kern is hier echter sprake van een versterkte doorwerking van de droogte doordat er geen herstel is opgetreden in de winter van 2018 op 2019. Hierdoor is er een groter stijghoogteverschil vanaf de kern naar de randzone en de aangrenzende (sterk gedraineerde) landbouwgronden. Hierdoor treedt er een sterkere grondwaterstroming op, vanaf de kern naar de randzones en wegzijging naar de zandondergrond. Dit effect wordt versterkt naarmate de peilverschillen tussen de compartimenten onderling en de sloten in het landbouwgebied groter zijn. Door deze versterkte grondwaterstroming naar de randzones zakt de grondwaterstand in de kern in 2019 langer en dieper weg. Dit wordt pas weer opgeheven wanneer het grondwatertekort in de randzones weer is aangevuld.



Figuur 31: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis HAA2, HAA3 en HAA4 van 2010-2020. Dit zijn de peilbuizen in de randzone van het Haaksbergerveen. Alle peilbuizen vertonen de freatische grondwaterstand van filter 1.



Figuur 32: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis HAA5, HAA6, HAA7 en HAA8 van 2010-2020. Dit zijn de peilbuizen in de kern van het Haaksbergerveen. Alle peilbuizen vertonen de freatische grondwaterstand van filter 1.

Vegetatiemonitoring

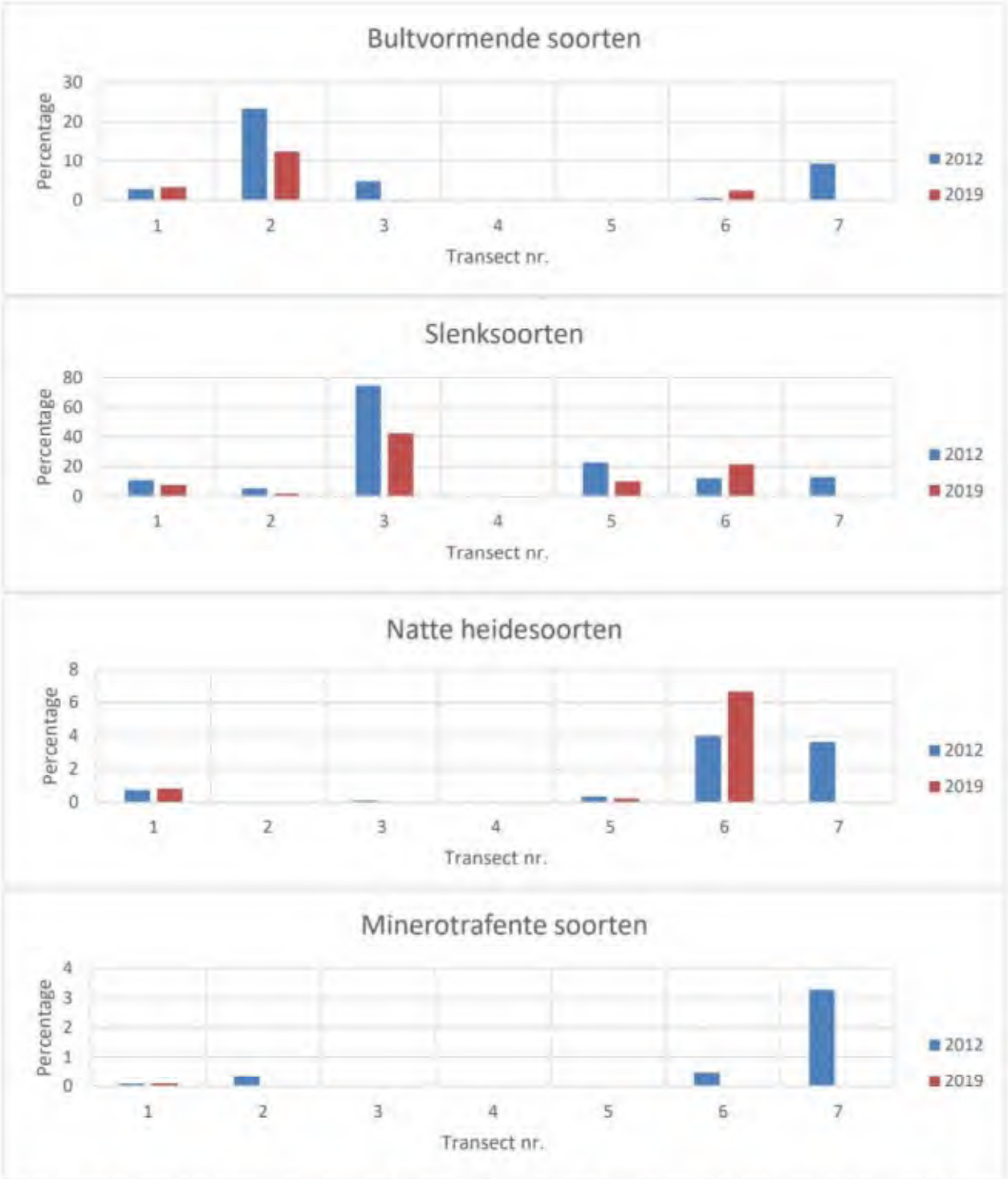
De resultaten van de transectkarteringen (2012 en 2019) staan in bijlage 9. De grafieken in deze paragraaf zijn hierop gebaseerd. De grafieken bevatten de verschillende veenmossoorten onderverdeeld in de groepen; slenksoorten, bultvormende soorten, minerotrafente soorten en natte heidesoorten en het veenmostotaal. De indeling van de veenmosgroepen is gebaseerd op het verschil in indicatie deze groepen kunnen geven (van der Veen & Bijkerk, 2014). Zo indiceren alle veenmosgroepen dat er vernatting optreedt, maar de mate van vernatting is verschillend. Hier tonen de minerotrafente soorten een voedselrijker milieu aan. Terwijl bultvormende soorten en slenksoorten wijzen op succesvolle hoogveenontwikkeling en de heidesoorten een indicatie geven van het opstarten van deze hoogveenvorming. De bultvormende soorten en de slenksoorten verschillen onderling weer in de mate van vernatting, hierbij staan de bultvormende soorten droger dan de slenksoorten.

Van 2001 tot 2012 is voornamelijk een toename in de ontwikkeling van het veenmostotaal zichtbaar (van der Veen & Bijkerk, 2014). Van 2012 tot 2019 is een sterke achteruitgang van het veenmostotaal gaande (figuur 33). De afname is het sterkst in transect 7, alle veenmossoorten zijn hier verdwenen. In transect 2, 3 en 5 is de afname ca. 50% of meer. In transect 1 is er ook een afname, maar deze is in verhouding tot de andere transecten niet zo groot. In tegenstelling tot alle andere transecten is in transect 6 het veenmostotaal juist toegenomen. In transect 4 zijn de veenmossen in een verwaarloosbaar aantal gesignaleerd in 2012. In 2019 zijn hier geen veenmossen meer gesignaleerd.

Figuur 33: Verandering van het totaalaantal veenmossen van 2012 en 2019 in de transecten 1 t/m 7 o.b.v. de transectopnames in bijlage 12.

In figuur 34 is het verloop van de veenmosgroepen in 2012 en 2019 getoond. Er is overal een (sterke) afname van alle veenmosgroepen in alle transecten m.u.v. transect 1 en transect 6. Dit indiceert verdroging binnen deze transecten. In transect 1 is het veenmostotaal weliswaar afgenomen, maar is er een lichte stijging in de bultvormende soorten en de natte heidesoorten en een afname van de slenksoorten. Ook dit is indicerend voor verdroging. In transect 6 is een sterke toename in het veenmostotaal zichtbaar waarbij de toename wordt veroorzaakt door de sterke toename van slenksoorten, bultvormende soorten en natte heidesoorten. In dit transect wordt hierdoor vernatting geïndiceerd. Dit wordt veroorzaakt door de plaatselijke brand in de zomer van 2018 en staat los van de meteorologische droogte in 2018 en 2019. Door deze brand is het veen opgebrand tot waar het grondwater het veenpakket bereikt, waardoor de standplaatscondities nu optimaler zijn voor de veenmosgroei (Kooijman, 2020). Hierdoor is de indicatie van vernatting binnen dit transect te duiden. De toe- en afname van specifieke veenmossoorten en de bijbehorende indicatie is zichtbaar in bijlage 18.

Een directe vergelijking van de veenmossen en de grondwaterstanden is niet mogelijk bij het gebruik van deze monitoringsdata van de vegetatie. Daarom wordt de vergelijking tekstueel toegelicht.
Bij het hoogveenherstel en de succesvolle vernatting hoort een toename van de bultvormende- en slenksoorten te ontstaan. Ook de natte heidesoorten kunnen toenemen. De minerotrafente soorten niet, dit duidt op aanwezigheid van veel voedingsstoffen. Voor optimaal hoogveenherstel zijn bijbehorende zeer stabiele en hoge grondwaterstanden van belang. Fluctuaties van minder dan ca. 30cm zijn het meest optimaal voor de ontwikkeling van de veenmossen en draagt bij aan het hoogveenherstel. In de simulaties van de grondwaterstanden is blijk van sterke verdroging in 2018 en 2019 als gevolg van de diep wegzakkende grondwaterstanden. In vrijwel alle transecten is er t/m 2012 een toename geweest in de veenmosgroei (van der Veen & Bijkerk, 2014) waarbij de hydrologische omstandigheden vergelijkbaar zijn in de periode van 2001 t/m 2017. In 2018 en 2019 zijn de hydrologische omstandigheden sterk afwijkend. In de opnames van 2019 is te zien dat vrijwel in alle transecten (m.u.v. transect 1 en 6) een sterke afname is van alle veenmossen. De afname van de verschillende veenmossoorten geeft indicatie van (sterke) verdroging binnen deze transecten. De effecten van de meteorologische droogte van 2018 en 2019 heeft een grote impact gehad op de hydrologie (grondwaterstanden) en de vegetatie (veenmossen) in het Haaksbergerveen. Hierdoor is het hoogveenherstel in grote delen van het Haaksbergerveen in rap tempo ver achteruitgezet.



Figuur 34: Verandering van de veenmosgroepen (bultvormende soorten, slenksoorten, natte heidesoorten en minerotrafente soorten) van 2012 en 2019 in de transecten 1 t/m 7 op basis van de transectopnames in bijlage 9.

5.3 SYNTHESE

De meteorologische droogte van 2018 en 2019 uit zich voornamelijk in de afname van de glg in de natuurgebieden. Daarbij is in een aantal gebieden juist de gvg van belang en de veranderingen daarvan als gevolg van de meteorologische droogte worden dan ook bekeken. Voor de kwantificering van de mate van de meteorologische droogte in 2018 en 2019 op de (grond)waterafhankelijke natuurgebieden wordt gekeken naar het effect hiervan op de glg. Vervolgens wordt er gekeken naar de overschrijdingsduur van de duurlijnen in droge-, natte- en een gemiddeld jaar. Tot slot wordt hier een korte beschouwing gegeven van de mogelijkheid om de verschillende monitoringsmethoden te vergelijken met de peilbuisgegevens.

5.3.1 GLG

De meteorologische droogte van 2018 en 2019 heeft de meeste invloed op de glg in de simulaties van de grondwaterstanden. De glg wordt daarom gebruikt als kwantificering van de effecten van de droogte op de verschillende natuurgebieden. In tabel 5 staat de kwantificering d.m.v. de glg uit de geanalyseerde peilbuizen. Hoe hoger het percentage, hoe groter de effecten zijn in verhouding tot de glg over de periode van 1987-2019. Hoger dan 100% is verdroging, lager dan 100% is vernatting. Te zien is dat de verdroging het grootst is in het Haaksbergerveen en in de Lemselermaten, daarna zijn de effecten het grootst op Punthuizen en Stroothuizen en in Springendal is zelfs vernatting gaande. In het Haaksbergerveen zijn de effecten het grootst in peilbuis HAA1 met doorgaans zeer stabiele grondwaterstanden, HAA2 in de randzone, en HAA8 in de kern. In de Lemselermaten zijn de effecten van de droogte het grootst in de peilbuizen in het beekdal met doorgaans sterke kwel in de winterperiode. In het Springendal wordt de vernatting veroorzaakt door sterke verhoging van de grondwaterstanden in peilbuis SPR4 als gevolg van de maatregelen.
Kijkende naar de optimale glg van de vegetatie die aanwezig is bij deze peilbuizen is echter te zien dat in Punthuizen en het Haaksbergerveen sterke verdroging en in de Lemselermaten (in mindere mate) óók verdroging plaats vindt alvorens de droogte van 2018 en 2019 (structurele verdroging). Dit betekent dat het echte overschrijdingspercentage in deze gebieden hoger zal zijn dan nu het geval blijkt. In de laatste kolom is geprobeerd de orde van grootte van het overschrijdingspercentage aan te geven als er wordt vergeleken met de glg van de vegetatie. Hierin is te zien dat de verdroging het grootst is in het Haaksbergerveen, daarna in de Lemselermaten en Punthuizen.

5.3.2 Overschrijdingsduur

De respons van de grondwaterstanden op de meteorologische droogte is niet zichtbaar wanneer alleen de glg bekeken wordt. In de duurlijnen is dit wel zichtbaar. Hierin is de duur van een bepaald grondwaterstandsniveau en de snelheid waarop de grondwaterstanden wegzakken gedurende de droogte zichtbaar. In bijlage 20 zijn de duurlijnen te zien van een aantal peilbuizen, het meest representatief voor het systeem functioneren. De duurlijnen die zijn genomen omvatten een nat jaar in 1994, een gemiddeld jaar in 2005 en de twee droge jaren van 2018 en 2019.
In het Springendal zijn de effecten van de meteorologische droogte vrijwel niet zichtbaar in de duurlijnen. De duurlijnen wijken weinig van elkaar af. In peilbuis SPR4 is juist vernatting zichtbaar in de duurlijnen van 2018 en 2019 t.o.v. voor de herstelmaatregelen. In de Lemselermaten zijn de effecten van de droogte het sterkst in de peilbuizen met sterke kwel in de winter (LEM5). Hier is een snelle afname en diepe daling van de grondwaterstanden zichtbaar in 2018 en 2019. In Punthuizen en Stroothuizen is een vergelijkbaar beeld zichtbaar in de duurlijnen. De duurlijnen van 2018 zakken snel en diep weg t.o.v. een gemiddeld jaar. In 2019 blijft de grondwaterstand dichtbij het gemiddelde waarna de grondwaterstand daarna alsnog diep wegzakt. In het Haaksbergerveen zakken de grondwaterstanden in 2018 en 2019 in alle peilbuizen diep weg. Alle peilbuizen vertonen snel en diepwegzakkende grondwaterstanden in 2018 (m.n. zichtbaar in HAA1 en HAA8). In de kern is duidelijk zichtbaar dat de droogte van 2019 grotere impact heeft gehad op de grondwaterstanden dan in 2018. In de andere peilbuizen zakt de grondwaterstand in 2019 wederom diep weg (minder snel dan in 2018).
Uit de duurlijnen blijkt wederom dat de mate van gevoeligheid m.n. zichtbaar is in het Haaksbergerveen, Lemselermaten, Punthuizen en Stroothuizen en dat de droogte van 2018 en 2019 weinig impact heeft gehad op het Springendal.

Tabel 5: Kwantificering onderzoeksgebieden. Hier staan de verschillende onderzoeksgebieden en de peilbuizen van filter 1 in de rijen. De glg van de standplaatscondities van de vegetatie, de glg van de peilbuizen in de periode van 1987-2019 en 2018-2019 zijn zichtbaar in de kolommen. Uit de glg van de peilbuizen is het overschrijdingspercentage berekend per peilbuis en gemiddeld per gebied (zie tabel 4 voor berekening kolommen).

Onderzoeksgebieden	Naam peilbuis	NITG-code	Filter nr.	Vegetatietype van Nederland	Optimale glg vegetatie (cm-maaiveld)	glg 1987-2019 (cm-maaiveld)	glg 2018-2019 (cm-maaiveld)	Verschil glg (1987-2019, 2018-2019)	Overschrijdings-percentage (o.b.v. glg 1987-2019)	Gem. overschrijdings-percentage (o.b.v. glg 1987-2019)	Gem. overschrijdings-percentage (o.b.v. glg vegetatie)
Haaksbergerveen	HAA1	B34H0084	1	-	< 30	18.808	70.736	51.928	376.095	186%	336%
	HAA2	B34H0314	1	-	< 30	40.559	83.018	42.460	204.688		
	HAA3	B34H0321	1	-	< 30	114.663	131.636	16.973	114.803		
	HAA4	B34H0320	1	-	< 30	128.181	174.884	46.703	136.435		
	HAA5	B34H0319	1	-	< 30	66.809	103.052	36.243	154.248		
	HAA6	B34H0318	1	-	< 30	89.150	130.834	41.684	146.757		
	HAA7	B34H0317	1	-	< 30	42.311	64.723	22.413	152.972		
	HAA8	B34H0098	1	-	< 30	23.621	47.840	24.220	202.535		
Lemselermaten	LEM2	B28H1886	1	43Aa05	> 60	65.394	104.838	39.444	160.317	188%	247%
	LEM3	B28H1806	1	16Aa01b	< 70	71.329	105.259	33.930	147.569		
	LEM4	B28H1880	1	-	-	174.300	225.083	50.783	129.135		
	LEM5	B28H1885	1	39Aa02b	< 40	41.734	98.974	57.240	237.154		
		B28H1804	1	39Aa02b	< 40	40.941	103.722	62.781	253.344		
		B28H1805	1	39RG04	-	70.326	119.651	49.325	170.137		
		B28H1808	1	39Aa02b	< 40	54.822	101.948	47.127	185.964		
		B28H1882	1	39RG04	-	53.016	104.108	51.092	196.372		
		B28H1883	1	39RG03	-	64.420	132.186	67.765	205.193		
		B28H1884	1	39Aa02b	< 40	67.979	130.877	62.898	192.526		
Punthuizen	PUN2	B29C1539	1	16Aa01d	< 70	108.139	148.546	40.407	137.366	137%	212%
Stroothuizen	STR1	B29A0752	1	11RG02	-	83.237	119.899	36.662	144.045	146%	
	STR2	B29A0753	1	11Aa02c	< 140	74.000	109.515	35.515	147.994		
Springendal	SPR2	B28F0207	1	-	-	334.534	362.796	28.262	108.448	86%	
	SPR3	B28F1439	1	-	-	36.828	41.940	5.112	113.882		
	SPR4	B28F1443	1	16RG04	-	15.851	5.627	-10.224	35.499		

6 Conclusie

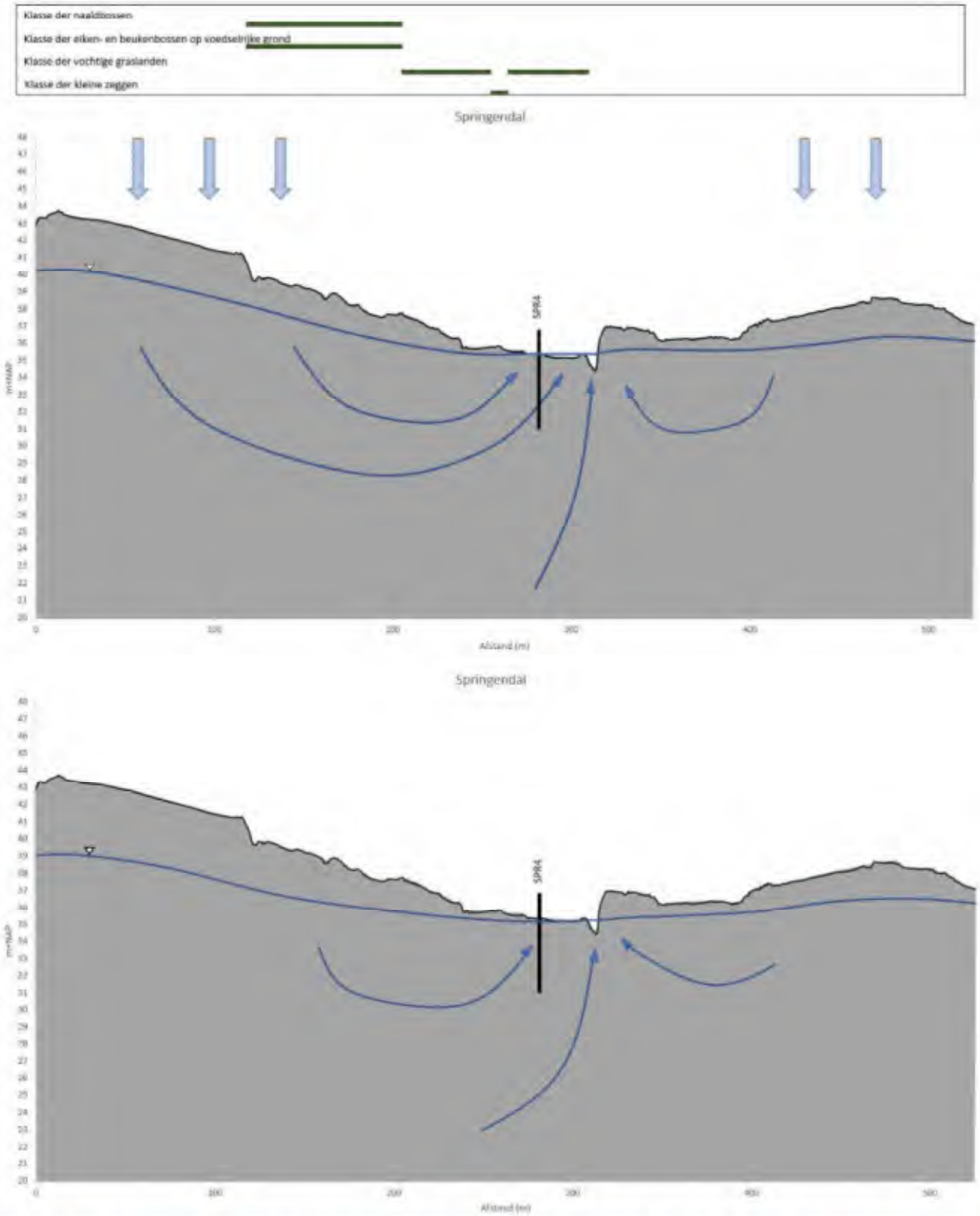
Bij het opstellen van deze droogte evaluatie van noordoost Twente is een hoofdvraag met enkele deelvragen opgesteld. In dit onderzoek wordt antwoord gegeven op de volgende vraag: 'In welke mate heeft de meteorologische droogte van 2018 en 2019 impact gehad op de van (grond)waterafhankelijke systemen in Noordoost Twente?' Hiervoor zijn kwantitatieve analyses uitgevoerd op de peilbuisgegevens en ondersteunend daaraan op de vegetatie en de bijbehorende standplaatscondities. In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de onderzoeksvragen en aanbevelingen gedaan betreft.

Te zien in dit onderzoek is dat de meteorologische droogte van 2018 en 2019 groot is geweest t.o.v. voorgaande jaren. Het neerslagtekort in de zomer van 2018 en 2019 was langdurig en sterk.
De effecten van de meteorologische droogte op de waterkwantiteit (grondwaterstanden en stijghoogte), vegetatie (gxg van de vegetatie en de indicatiewaarden van de veenmossen) en de bodem-pH heeft op elk systeemtype een verschillende uitwerking gehad. Door het verschillend functioneren van de natuurgebieden is te zien dat de mate van gevoeligheid voor meteorologische droogte ook verschillend is.

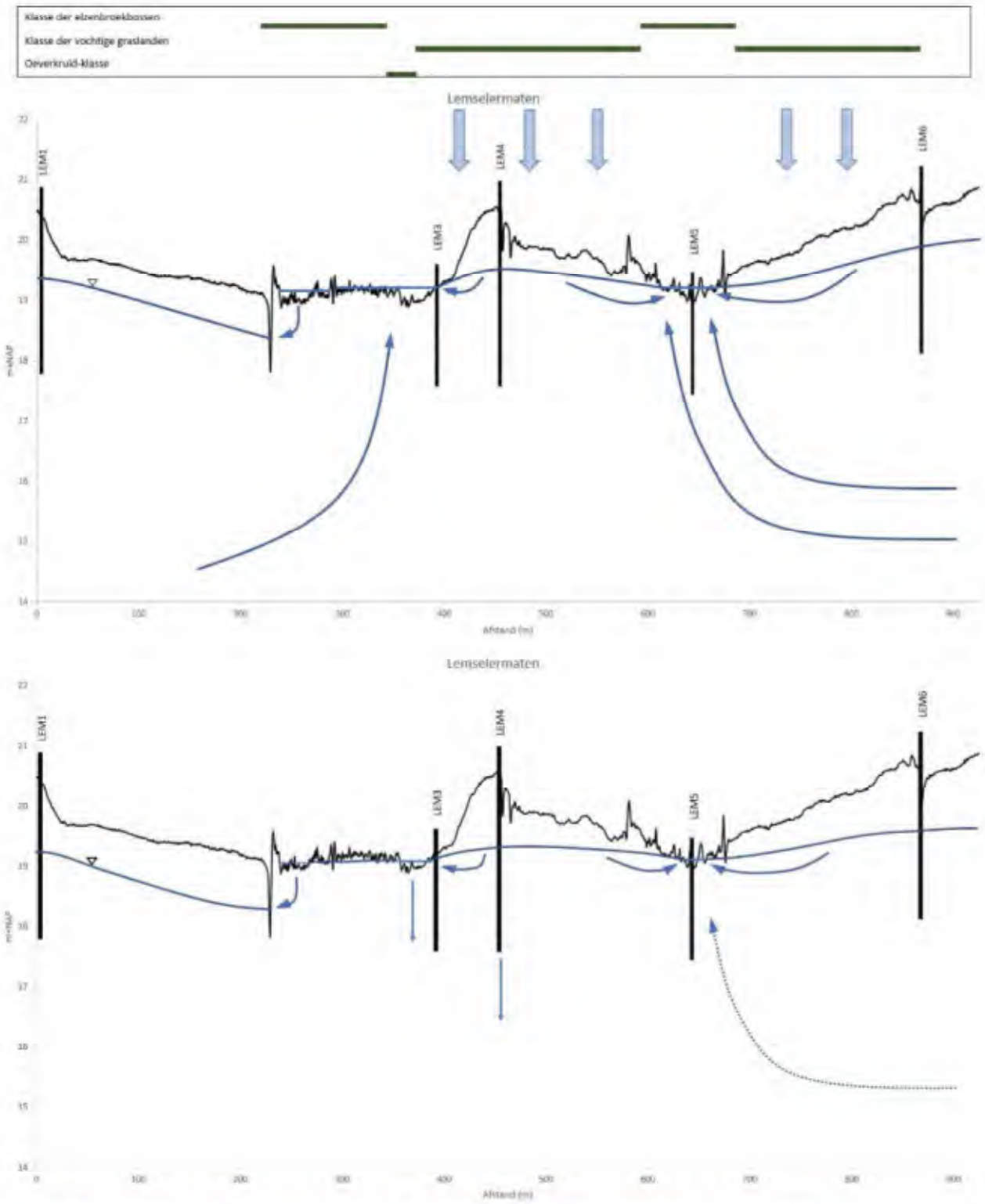
In het Springendal is de invloed van de meteorologische droogte vrijwel niet zichtbaar. Dit komt doordat het freatisch grondwater wordt aangesneden door snelle daling van het maaiveld. Hierdoor zijn permanente bronnen aanwezig. Het stijghoogteverschil wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van een dik onverzadigd pakket met grof zand en grind bij het infiltratiegebied op de stuwwal. Het Springendal wordt hier gestuurd door lokale kwelstroming vanaf de stuwwal. Doordat het grondwater in de stuwwal van Ootmarsum zorgt voor enorme overdruk, ook tijdens droge periodes is deze kwelstroom ook altijd aanwezig. Zelfs in droge periodes zorgt het stijghoogteverschil voor het blijven stromen van de beek, welleswaar met minder debiet. Hier is ook te zien dat herstelmaatregelen hebben gezorgd dat het gebied nóg beter bestendig is tegen droge periodes, dit heeft het systeem functioneren van het Springendal meer robuust gemaakt. De herstelmaatregelen hebben gezorgd voor permanente toename van het freatisch grondwater en de stijghoogte. Ook is de fluctuatie in de grondwaterstanden sterk verminderd waardoor zelfs tijdens droge perioden (2018 en 2019) de grondwaterstand hier minder diep wegzakte dan voorafgaand aan de herstelmaatregelen. In onderstaande dwarsdoorsnede is het effect van een gemiddelde- en droge periode gevisualiseerd (figuur 35). Hier is te zien dat de effecten van de meteorologische droogte in het Springendal vrij beperkt zijn.

Kijkend naar de Lemselermaten is te zien dat hier de effecten groter zijn van de meteorologische droogte ondanks dat de Lemselermaten gestuurd wordt door een regionaal grondwatersysteem met sterke kwel in het winterhalfjaar door de versmalling van het watervoerende pakket. Dit zorgt normaal gesproken overal in het gebied, in het winterhalfjaar, voor sterke overdruk. Door extreme droogte treden lagere grondwaterstanden op die ervoor zorgen dat de overdruk in de Lemselermaten vermindert en de gevoelige delen van het gebied (waar tijdelijke kwelstroming aanwezig is) worden omgezet naar permanente infiltratiegebieden. Daar komt bij dat uit de resultaten blijkt dat de effecten van de meteorologische droogte zeer groot zijn op de locaties waar 's winters sterke kwel aanwezig is met als gevolg diep wegzakkende grondwaterstanden gedurende de droogte van 2018 en 2019. In de dwarsdoorsnedes is het effect van de meteorologische droogte weergegeven in een dwarsdoorsnede van een gemiddelde- en droge periode (figuur 36). Hier zie je waar de gevoelige delen waar wegzijging plaatsvindt en de afname van regionale kwel naar de gebieden waar normaal gesproken sterke kwel aanwezig is.

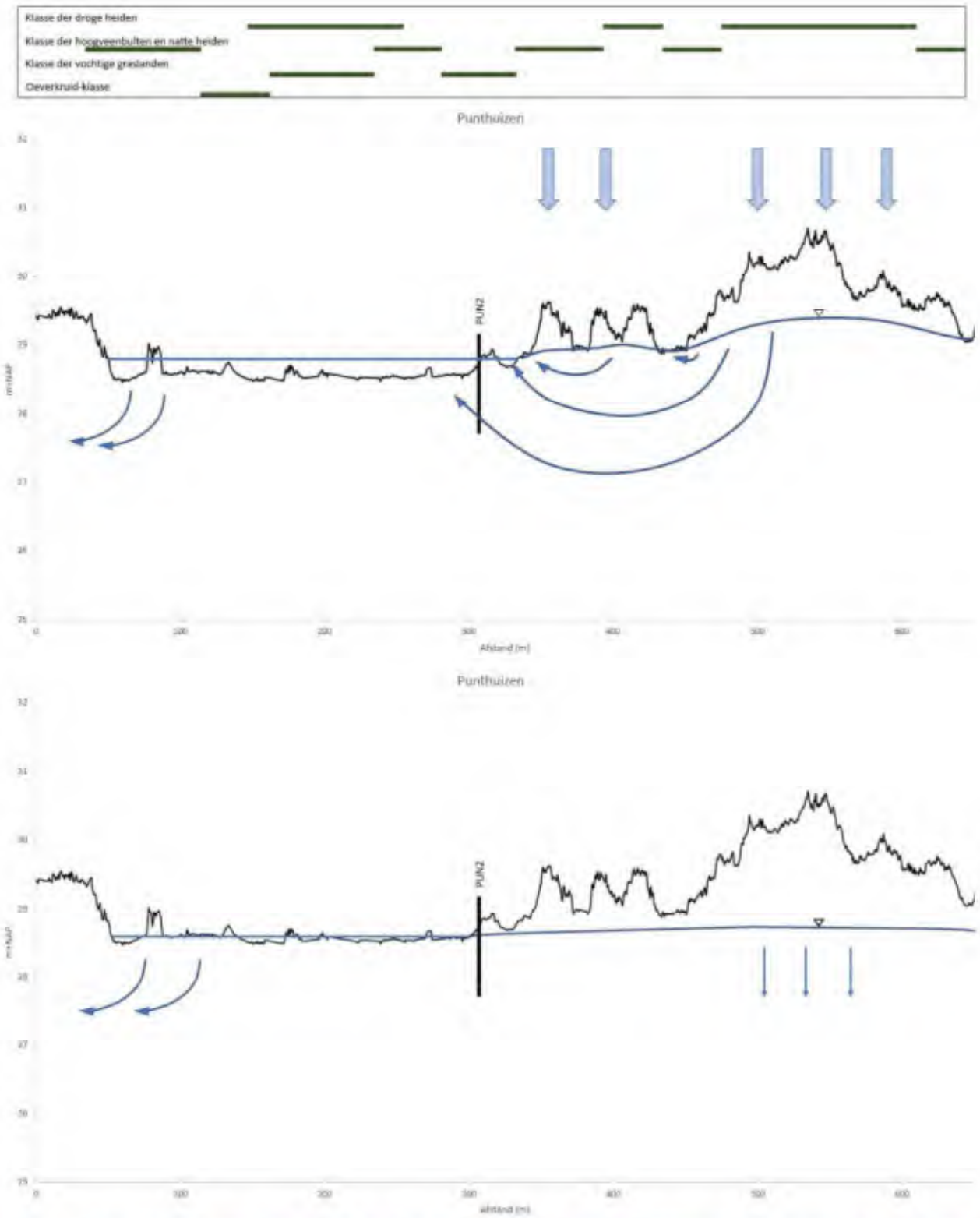
Punthuizen en Stroothuizen functioneren vrijwel op dezelfde manier. Door het neerslagoverschot komt er gedurende de winter een lokale kwelstroom op gang vanuit de dekzandruggen naar de geïnundeerde laagtes. Deze kwelstroming is volledig afhankelijk van het neerslagoverschot. Wanneer in Punthuizen en Stroothuizen er een neerslagtekort is in de winter of wanneer de grondwaterstanden in de winter niet hersteld zijn na langdurige droge zomerperiodes, komt deze kwelstroming niet tijdig op gang en is de inundatieduur te kort of zelfs afwezig. Stroothuizen wordt hierbij ook deels gevoed door een dieper grondwatersysteem, waardoor dit gebied minder gevoelig is in vergelijking met Punthuizen. Met name Punthuizen is hierdoor gevoelig voor periodes van meteorologische droogte. In de dwarsdoorsnedes in figuur 37 en 38) is een gemiddelde- en droge winterperiode gevisualiseerd van Punthuizen en Stroothuizen.



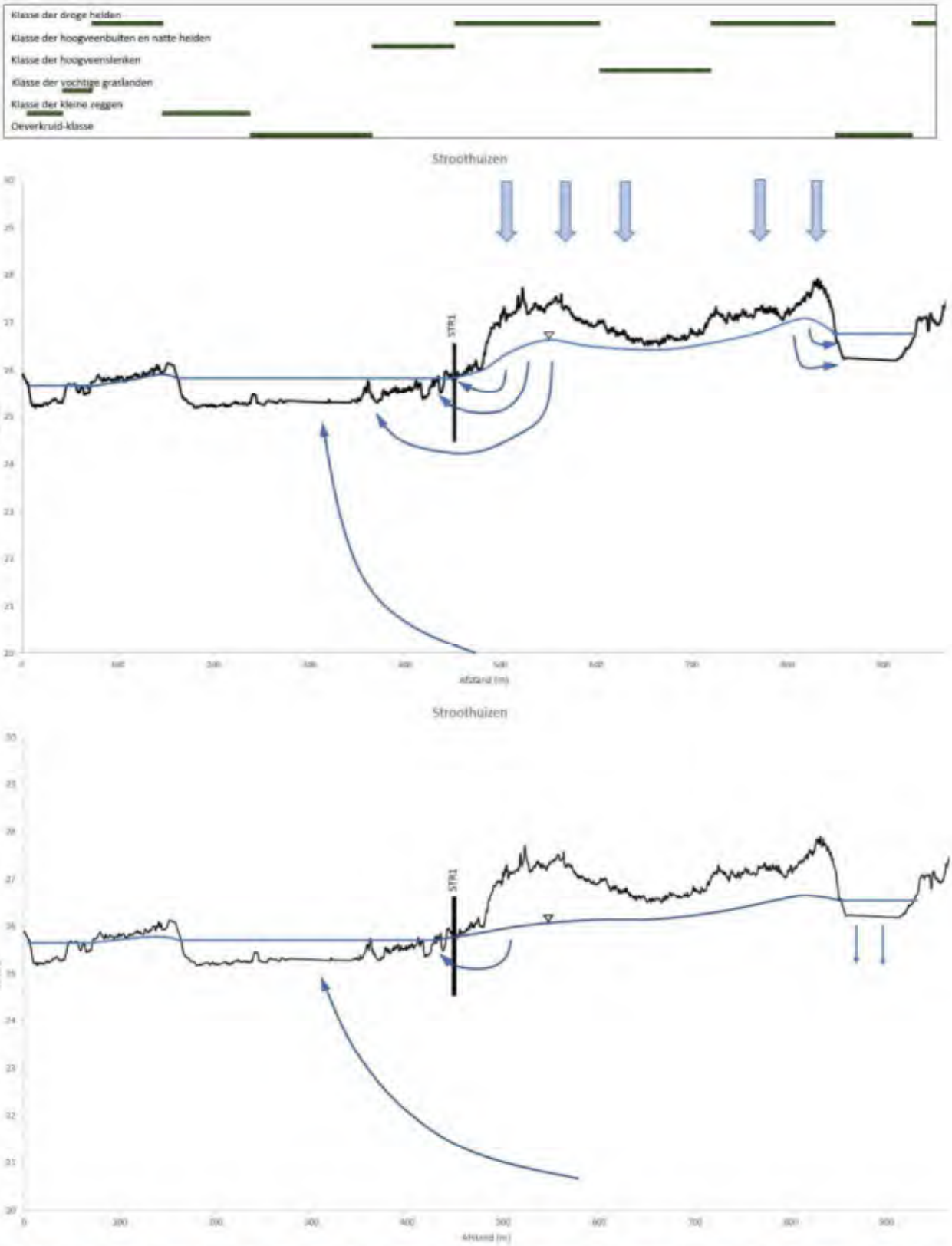
Figuur 35: Dwarsdoorsnedes Springendal gedurende gemiddelde weersomstandigheden (boven) en droge weersomstandigheden (beneden). In de dwarsdoorsnede is het hydrologisch functioneren aangeduid. In figuur 2 is de locatie van de dwarsdoorsnede zichtbaar.



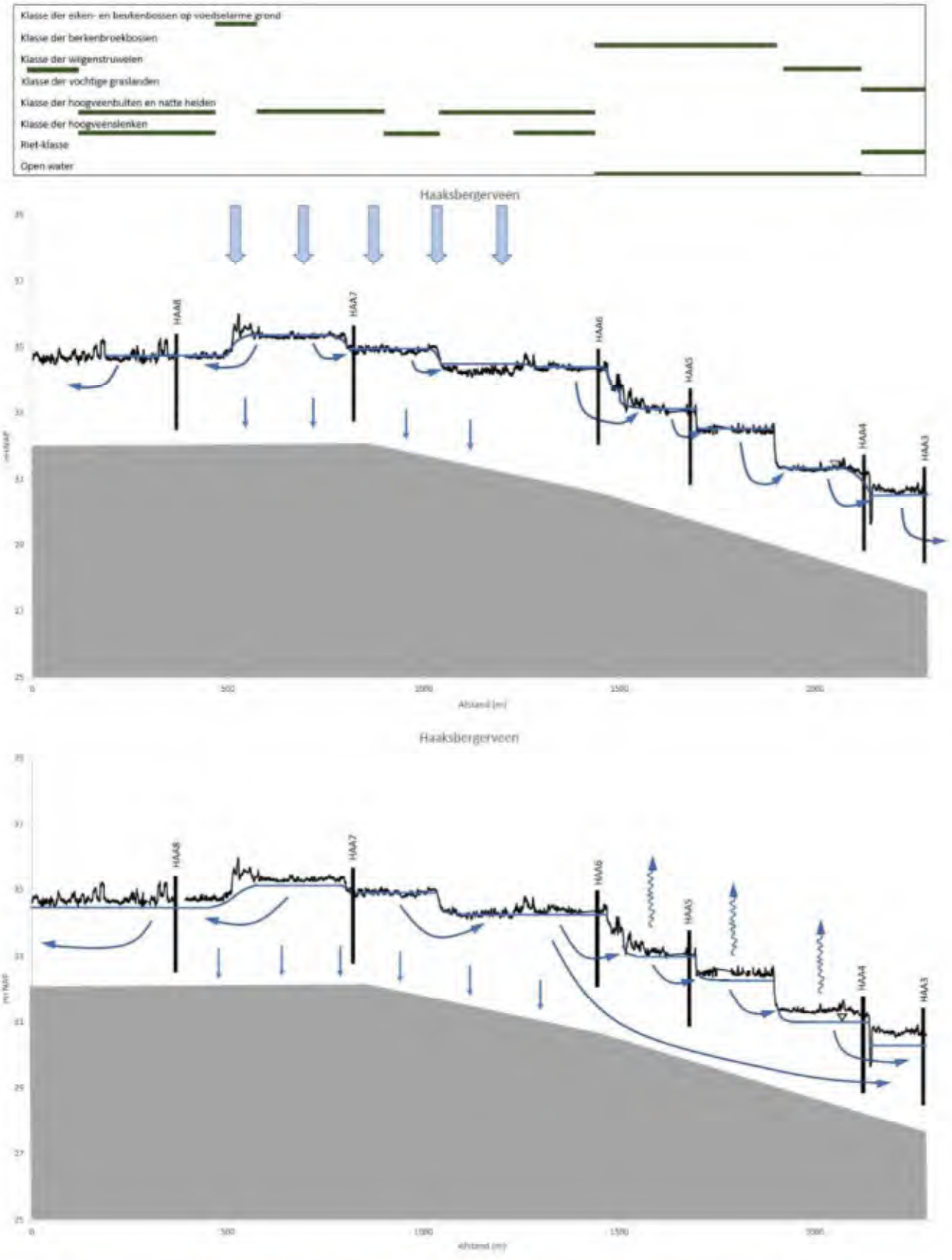
Figuur 36: Dwarsdoorsnedes Lemselermaten gedurende gemiddelde weersomstandigheden (boven) en droge weersomstandigheden (beneden). In de dwarsdoorsnede is het hydrologisch functioneren aangeduid. In figuur 4 is de locatie van de dwarsdoorsnede zichtbaar.



Figuur 37: Dwarsdoorsnedes Punthuizen gedurende gemiddelde (boven)- en droge weersomstandigheden (beneden) in de winter. In de dwarsdoorsnede is het hydrologisch functioneren aangeduid. In figuur 6 is de locatie van de dwarsdoorsnede zichtbaar.



Figuur 38: Dwarsdoorsnedes Stroothuizen gedurende gemiddelde (boven)- en droge weersomstandigheden (beneden) in de winter. In de dwarsdoorsnede is het hydrologisch functioneren aangeduid. In figuur 6 is de locatie van de dwarsdoorsnede zichtbaar.



Figuur 39: Dwarsdoorsnedes Haaksbergerveen gedurende gemiddelde weersomstandigheden (boven) en droge weersomstandigheden (beneden). In de dwarsdoorsnede is het hydrologisch functioneren aangeduid. In figuur 10 is de locatie van de dwarsdoorsnede zichtbaar.

Ook het Haaksbergerveen wordt direct beïnvloed door periodes met een groot neerslagtekort. Dit gebied is afhankelijk van lokale kwelstroming en aanvoer van neerslag voor de aanvulling van het grondwater. Daarbij wordt in het Haaksbergerveen de freatische grondwaterstand beïnvloed door wegzijging naar de zandondergrond en de omliggende landbouwsloten. De lokale kwelstroming bestaat uit; grondwaterstroming tussen de compartimenten vanaf de kern naar de randzone en de omliggende landbouwgronden en (aangereikte) kwelstroming vanaf de dekzandruggen naar de compartimenten toe. Door meteorologische droogte verminderd de grondwaterstroming vanuit de dekzandruggen, doordat deze gestuurd wordt door het neerslagoverschot. Ook wordt wegzijging naar de zandondergrond versterkt door grotere stijghoogteverschillen tussen het Haaksbergerveen naar de randzone en de omliggende landbouwgronden. Wanneer er geen neerslag valt in het Haaksbergerveen loopt dit gebied leeg doordat er vanuit de omgeving sterk wordt getrokken aan dit waterpakket. De effecten worden pas opgeheven wanneer het grondwater in de omgeving en in de randzones zijn aangevuld waarna ook de kern van het Haaksbergerveen zich weer kan herstellen. Daardoor waren de effecten van de droogte nog sterk zichtbaar in 2019 in de kern van het gebied. In de dwarsdoorsnedes is een situatieschets gemaakt van een gemiddelde- en droge periode (figuur 39). Hier worden de effecten van meteorologische droogte op het Haaksbergerveen duidelijk zichtbaar.

Als hypothese is gesteld; 'Hoe lokaler het grondwatersysteem en hoe meer regenwaterafhankelijk, hoe gevoeliger het systeem is voor meteorologische droogte'. Daarbij zouden de gebieden die minder direct afhankelijk zijn van het neerslagoverschot, zoals gebieden met sterke bovenlokale of regionale kwel minder effect ervaren van de meteorologische droogte. Uit kwantificering van de resultaten blijkt dat de hypothese niet geheel kloppend is. De mate van de droogte heeft ook grote effecten op de Lemselermaten, welke afhankelijk is van grondwater vanuit regionale kwel. De effecten van de meteorologische droogte zijn op Punthuizen, Stroothuizen en Haaksbergerveen minder sterk dan verwacht was. De structurele verdroging speelt met name in Punthuizen en het Haaksbergerveen een grote rol en in mindere mate in de Lemselermaten. Dit zorgt ervoor dat de meteorologische droogte sneller doorwerkt binnen het gebied. Ook in Stroothuizen is verdroging gaande als gevolg van de meteorologische droogte. In het Springendal zijn de effecten van de meteorologische droogte echter bijna niet zichtbaar door de continue overdruk die aanwezig blijft, ook gedurende droge periodes. Hieronder de rangschikking van gevoeligheid voor meteorologische droogte en de meteorologische droogte + structurele verdroging van de onderzoeksgebieden n.a.v. het systeem functioneren en de kwantificering van de resultaten. Van één naar vijf, zeer gevoelig naar minst gevoelig.

Meteorologische droogte	**Meteorologische droogte + structurele verdroging**
1. Haaksbergerveen + Lemselermaten	1. Haaskbergerveen
2. Punthuizen + Stroothuizen	2. Lemselermaten
3. Springendal	3. Punthuizen
	4. Stroothuizen
	5. Springendal

6.1 AANBEVELINGEN

Na aanleiding van de resultaten en gebruikte monitoringsmethodes zijn er een aantal aanbevelingen voor het in kaart brengen van meteorologische droogte.

Doordat in verschillende onderzoeksgebieden gebruik wordt gemaakt van verschillende monitoringsmethoden voor de vegetatie is het niet altijd mogelijk om deze gegevens direct te vergelijken met de peilbuisgegevens. Uit de analyses vanuit dit onderzoek blijkt dat het vergelijken van de vegetatiekarteringen en de veenmossen met de peilbuisgegevens niet één op één mogelijk is. Alleen de vergelijking van de PQ-reeksen met de peilbuisgegevens eenvoudig te construeren waarbij de PQ-reeksen ondersteuning bieden aan de peilbuisgegevens.
Om in de toekomst beter inzicht te krijgen in de effecten van meteorologische droogte op natuurgebieden zullen er doelgerichte monitoringsmethodes uitgevoerd moeten worden die geschikt zijn om de effecten van droogte in beeld te brengen. Om uitspraak te doen over de meest geschikte monitoringsmethode is aanvullend onderzoek vereist maar wordt in dit onderzoek a.d.h.v. de aanwezige data een aanbeveling gedaan (zie verdere toelichting aanbeveling monitoring bijlage 21). Er wordt aanbevolen om de effecten van de meteorologie te monitoren door het gebruik van peilbuisgegevens (grondwaterstanden) en ondersteunend daar aan de combinatie met PQ opnames en, complementair, vegetatiekarteringen. Deze peilbuisgegevens en PQ opnames dienen frequent te worden opgenomen in de gradiënt in de vorm van een dwarsdoorsnede om het functioneren van het systeem in beeld te brengen in de natuurgebieden. Hierdoor is de vergelijking van peilbuisgegevens met vegetatiegegevens direct mogelijk.

In de onderzoeksgebieden zijn niet altijd voldoende representatieve gegevens aanwezig (vegetatie hierboven al benoemd). De afwezigheid van voldoende representatieve peilbuizen met voldoende data beïnvloed de resultaten van

de onderzoeksgebieden. Met name in Punthuizen, Stroothuizen en het Springendal is dit het geval. Het is aanbevolen om peilbuisgegevens op te blijven nemen en het meetnet dusdanig te vergroten zodat het functioneren van het gebied goed in beeld kan worden gebracht.

Omdat in dit onderzoek de effecten op bodemvocht-droogte achterwege zijn gelaten, is aanbevolen dit in de toekomst wel te onderzoeken. Deze gegevens zullen een breder beeld geven van de effecten van meteorologische droogte op natuurgebieden. Met behulp van deze gegevens kan de droogtestress bepaald worden. Dit is m.n. belangrijk voor de vegetaties die zeer gevoelig zijn voor het optreden van droogtestress (natte heides, hoogveenvegetaties) of verzuring (blauwgrasland en kalkmoeras). Deze vegetatietypen zijn zeer kwetsbaar voor korte perioden van droogte of wanneer er geen toevoer van kwel is, voor verzuring waardoor deze vegetatie enorm onder druk komt te staan tijdens periodes van extreme droogte.

Betreft maatregelen die getroffen worden binnen de natuurgebieden wordt aangeraden om te sturen op de verbetering van de hydrologie, zodanig dat het hydrologisch systeem robuust wordt. De hydrologie is veelal de sturende factor van de totstandkoming van bepaalde vegetatietypen. Een robuust systeem zorgt ervoor dat ondanks externe ontregelingen (extreme droogte), het systeem zelfredzaam is. Dit zorgt er op zijn beurt weer voor dat de vegetatie ook in stand blijft. In dit onderzoek is dit duidelijk zichtbaar in het Springendal, na de succesvolle hydrologische herstelmaatregelen zijn de grondwaterstanden stabieler geworden en zijn effecten van extreme droogte minder zichtbaar. Kortom het is nodig om structurele verdroging door structureel te lage grondwaterstanden op te heffen door het nemen van maatregelen zodat de natuurgebieden minder gevoelig zijn voor droogte.

7 DISCUSSIE

In dit hoofdstuk wordt gereflecteerd op de onderzoeksgegevens. Er is gekeken naar de validatie en de kwaliteit van het onderzoek.

In dit onderzoek is enkel gebruik gemaakt van bestaande monitoringsgegevens. Voor de vegetatiegegevens betekent dit dat er op verschillende manieren is gemonitord om vergelijkbare gegevens te genereren.
Om een vergelijking te maken van de vegetatie en de hydrologie zijn de monitoringsgegevens van de vegetatie omgezet in standplaatscondities van de vegetatie d.m.v. Turboveg en Iteratio. Dit zijn indicerende standplaatscondities en geen absolute standplaatscondities. Wanneer lange meetreeksen bekend zijn kan hierdoor een trend worden gezien, maar de gegevens kunnen niet één op één aan elkaar gelinkt worden. Dit komt omdat het niet mogelijk is te achterhalen, op basis van de beschikbare literatuur, hoe de standplaatscondities exact worden bepaald en hoe betrouwbaar deze zijn in Turboveg en Iteratio. Daardoor is verdere validatie van de resultaten van de vegetatie niet mogelijk geweest.
Extra opmerking hierbij is dat de gxg officieel bepaald moet worden over een tijdsduur van ca. 8 jaar (Wageningen Universiteit & Research, sd). De gxg van de hydrologie is bepaald over een tijdsperiode van 10 jaar, dit komt niet overeen met de officiële bepalingen maar zorgt voor een beter beeld van droge- gemiddelde- en natte periodes over de tijd van 1987 tot 2020 o.b.v. de meteorologische data. De gxg van de vegetatie is gebaseerd op de standplaatscondities van de opname en is daardoor gebaseerd op één jaar, dit is een indicatie van de bijbehorende vegetatie en is geen officiële gxg.

De standplaatscondities van de vegetatie hebben te maken met een vertraagde werking op veranderingen in de hydrologie. Dit wordt na-ijlen genoemd. Hier moet bij stil worden gestaan als er gekeken wordt naar de vegetatiedata.

In de Lemselermaten is gewerkt met data voorafgaand aan 1987 van de Kleuver PQ. Omdat de vergelijking met de hydrologie hierdoor niet gemaakt kon worden met de aanwezige simulatiegegevens o.b.v. neerslag en verdamping van weerstation Twenthe, is er een simulatie gemaakt o.b.v. de neerslag en verdamping van weerstation De Bilt. Dit weerstation bevat data voorafgaand aan 1987 waardoor de vergelijking tussen de hydrologie en de standplaatscondities gemaakt kan worden. Dit zorgt echter voor een afwijking van de manier waarop de vergelijking van de gegevens is gedaan.
Ook zijn in de Lemselermaten maar twee PQ's aanwezig, beide rondom dezelfde locatie binnen het gebied, op het meest gevoelige deel. Dit maakt dat de PQ's niet representatief zijn voor het hele gebied. Daarbij zijn deze PQ-gegevens gekoppeld aan de peilbuis die het meest dichtbij de PQ's staat, maar doordat al deze puntgegevens net op een andere plek in de gradiënt staan zorgt dit voor afwijkingen in de standplaatscondities.

Omdat het detailniveau in de vegetatiekarteringen van Punthuizen en Stroothuizen verschillend zijn is de vegetatiekartering van 2010 niet meegenomen in de resultaten. Het detailniveau in 2001 en 2019 is hoger dan in 2010 het geval is. Dit maakt de vergelijking tussen de jaren onduidelijker.

In het Springendal zijn onvoldoende peilbuizen aanwezig. De gebruikte meetreeksen geven niet een geheel duidelijk totaalbeeld van het systeem-functioneren. Dit komt doordat twee peilbuizen (SPR2 en SPR3) op plaatsen staan waar wegzijging plaats vindt, één peilbuis voornamelijk de herstelmaatregelen laat zien in dit onderzoek (SPR4) en één peilbuis waar een verandering optreedt waardoor het onmogelijk is om daar een tijdreeksmodel van te maken (SPR1).

De peilbuizen in het Haaksbergerveen staan op de randen van de kades waardoor de grondwaterstanden t.o.v. maaiveld niet representatief zijn voor de vegetatie in de aangrenzende compartimenten. Om een goed beeld te krijgen van de grondwaterstanden zouden de stuwpeilen in de grafieken worden gezet zodat de aftoppingen van het freatisch grondwater daarmee overeenkomen en zou het maaiveld van de vegetatie in de compartimenten als referentie moeten worden genomen.

De rangschikking van de onderzoeksgebieden gedaan a.d.h.v. aanwezige peilbuizen in het gebied. Verschillende gebieden hebben verschillende aantallen peilbuizen. Zo hebben het Haaksbergerveen en Lemselermaten veel representatieve peilbuizen aanwezig in het gebied. Dit geldt niet voor Punthuizen, Stroothuizen en het Springendal. De afwezigheid van voldoende representatieve peilbuizen beïnvloed de resultaten daarom sterk. Hierdoor moet de rangschikking als relatief worden gezien waarbij de mate van effecten tot in zekere hoogte wel wordt verduidelijkt.

Enkele aspecten die in eerste instantie wel in het onderzoek zouden worden meegenomen, zijn niet meegenomen. Dit gaat om bodemvocht-droogte en de opnames uit het onderzoek Provinciaal meetnet verdroging Overijssel (Hommel &

de Waal, 2013; Hommel & de Waal, 2018). Er zou een vergelijking gemaakt worden met voorgaand onderzoek, maar dit was niet mogelijk omdat recente opnames van na de droogte nog niet beschikbaar waren. Deze vergelijking is daarom achterwege gelaten en de focus is nu gelegd op de data die wel beschikbaar was. Ook zou de bodemvocht-droogte in kaart worden gebracht. Vanwege tijd is dit ook achterwege gelaten. Om een beter beeld te krijgen van de meteorologische droogte zou de bodemvocht-droogte ook meegenomen worden.

Tot slot voor het in kaart brengen van de effecten van weersomstandigheden is een aanbeveling gedaan voor doelgerichte monitoringsmethodes (hoofdstuk 6.1). De verschillende monitoringsmethodes brengen voor- en nadelen met zich mee (zie bijlage 22). Ook binnen dit onderzoek komen er extra voor- en nadelen bij van de monitoringsmethoden door de bewerkingsmogelijkheden van de data of de afwezigheid van voldoende data. Het gebruik van de vegetatiekartering geeft vlakdekkende informatie van de veranderingen in de vegetatievlakken, deze informatie is eenvoudig om te zetten naar standplaatscondities en te bewerken in GIS. Deze monitoringsmethode wordt echter beïnvloed door subjectieve keuzes tijdens het karteren, een lage opnamefrequentie en de vergelijking met peilbuisgegevens is moeilijker doordat puntinformatie wordt vergeleken met vlakdekkende informatie. Het gebruik van permanente kwadraten (PQ) geeft betrouwbare en nauwkeurige informatie en inzicht in successie. De omzetting van de data naar standplaatscondities en de vergelijking van deze puntinformatie met de peilbuisgegevens is zeer eenvoudig. Nadeel van de PQ is dat de instandhouding van een reeks veel geld en menskracht kost. Binnen dit onderzoek is de afwezigheid van voldoende recente gegevens en het ontbreken van meerdere PQ's voor een representatief beeld van het systeem-functioneren ook aan de orde. Tot slot het gebruik van transectkarteringen geeft, net als de PQ, betrouwbare en nauwkeurige informatie en inzicht in successie (over de hele gradiënt). Ook voor de transectkartering geldt dat het instandhouden van transectopnames veel geld en menskracht kost. Binnen dit onderzoek is het beperkt tot de veranderingen in de veenmossen, de veenmossen zijn goede indicatorsoorten doordat deze soorten snel reageren op veranderingen. Op deze manier is echter niet mogelijk om de standplaatscondities van de veenmossen te plotten in een grafiek met de peilbuisgegevens.

8 BIBLIOGRAFIE

Aggenbach, C., & Jalink, M. (1998). Indicatorsoorten voor verdroging en eutrofiëring van plantengemeenschappen in hoogvenen. In *Hoogvenen*. Driebergen: Staatsbosbeheer Driebergen.

Aggenbach, C., & Jansen, A. (2004). *Effectgerichte maatregelen tegen verdroging, verzuring en stikstofdepositie in beekdalen (Twenthe) en natte duinvalleien in het Renodunale District (Goeree-Overflakkee).* Ede: Expertisecentrum LNV, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Bell, J., & van 't Hullenaar, J. (2015). *Ecohydrologische systeemanalyse Lemselermaten.* Zwolle: Vitens.

Bijlsma, R., Bevaart, K., Geraerdts, W., & de Waal, R. (2016). *Van heidebebossing tot heidelandschap.* Wageningen Environmental Research (Alterra), Wageningen.

DINOloket. (2018). *Ondergrondmodellen, Bodemkaart.* Opgehaald van DINOloket: https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen

Dolabdjian, A. (2018, November 5). *Handboek Vegetatiekunde*. Opgeroepen op 2020, van Groen kennisnet: https://wiki.groenkennisnet.nl/display/HV/Handboek+Vegetatiekunde

Hommel, P., & de Waal, R. (2013). *Provinciaal meetnet verdroging Overijssel.* Wageningen University & Research, Wageningen. Opgehaald van https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/personal/442927?wq_inf1=WUR

Hommel, P., & de Waal, R. (2018). *Provinciaal meetnet verdroging Overijssel Deel 4.* Wageningen University & Research, Wageningen. Opgehaald van https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/541718

IVN. (sd). *Haaksbergen*. Opgehaald van IVN Natuur Educatie Haaksbergen: https://www.ivn.nl/afdeling/haaksbergen/haaksbergerveen

Jalink, M., Kemmers, R., Stortelder, A., & de Waal, R. (2004). *Referentieproject Springendal/Korenburgerveen.* EC-LNV 2004/331-O, Ede.

Jansen, A., Aggenbach, C., Eysink, F., & van der Hoek, D. (2007). *Herstel van natte schraallanden op minerale gronden.* De Levende Natuur.

Jansen, A., Eijsink, A., Grootjans, A., Lammers, E., & Sival, F. (1993). Zijn hydrologische ingrepen noodzakelijk voor het herstel van verzuurde natte schraallanden? *Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiering in natuurterreinen.*

Koninklijke Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI). (2020, Januari). *Daggegevens van het weer in Nederland*. Opgehaald van KNMI: https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/daggegevens

Kooijman, G. (2020, Juni). Haaksbergerveen veenmossen. (R. Dongen, Interviewer)

Natuur en Milieu. (2016). *Natura 2000 beheerplan Dinkelland.* Provincie Overijssel.

Natuur en Milieu. (2019). *Natura 2000 beheerplan Springendal en Dal van de Mosbeek.* Provincie Overijssel.

Nijboer, R., Wiggers, R., van den Hoek, T., & van Rhenen-Kersten, C. (2003). *Herstel van een brongebied in natuurreservaat het Springendal.* Alterra. Wageningen: Alterra.

Turboveg. (sd). Handleiding Turboveg.

van den Eertwegh, G., Bartholomeus, R., de Louw, P., Witte, F., van Dam, J., van Deijl, D., . . . de Wit, J. (2019). *Droogte in zandgebieden van Zuid- Midden en Oost-Nederland.*

60273 0061

van der Aa, N., Goes, B., de Louw, P., den Otter, C., Reckman, J., & Stuurman, R. (1999). *Ecohydrologische Systeem Analyse van de Springendalse Beek.* Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO.

van der Veen, K., & Bijkerk, W. (2014). *Monitoring in het Haaksbergerveen in de periode 2001-2012.* Altenburg & Wymenga.

van Dongen, R. (2011). *Achtergronddocument GGOR Springendal en dal van de Mosbeek.*

van Dongen, R. (2020). Begeleidingsgesprekken. (L. Spa, Interviewer)

van Dongen, R. (2020, Januari 3). Veldbezoek Punthuizen-Stroothuizen. (L. Spa, Interviewer)

van Dongen, R. (2020, Januari 3). Veldbezoek Springendal. (L. Spa, Interviewer)

van Dongen, R., Eysink, F., van der Ent, E., & Brummelman, H. (2017). *Ecologische onderbouwing maatregelenpakket gebiedsuitwerking, Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld.* Staatsbosbeheer en Provincie Overijssel.

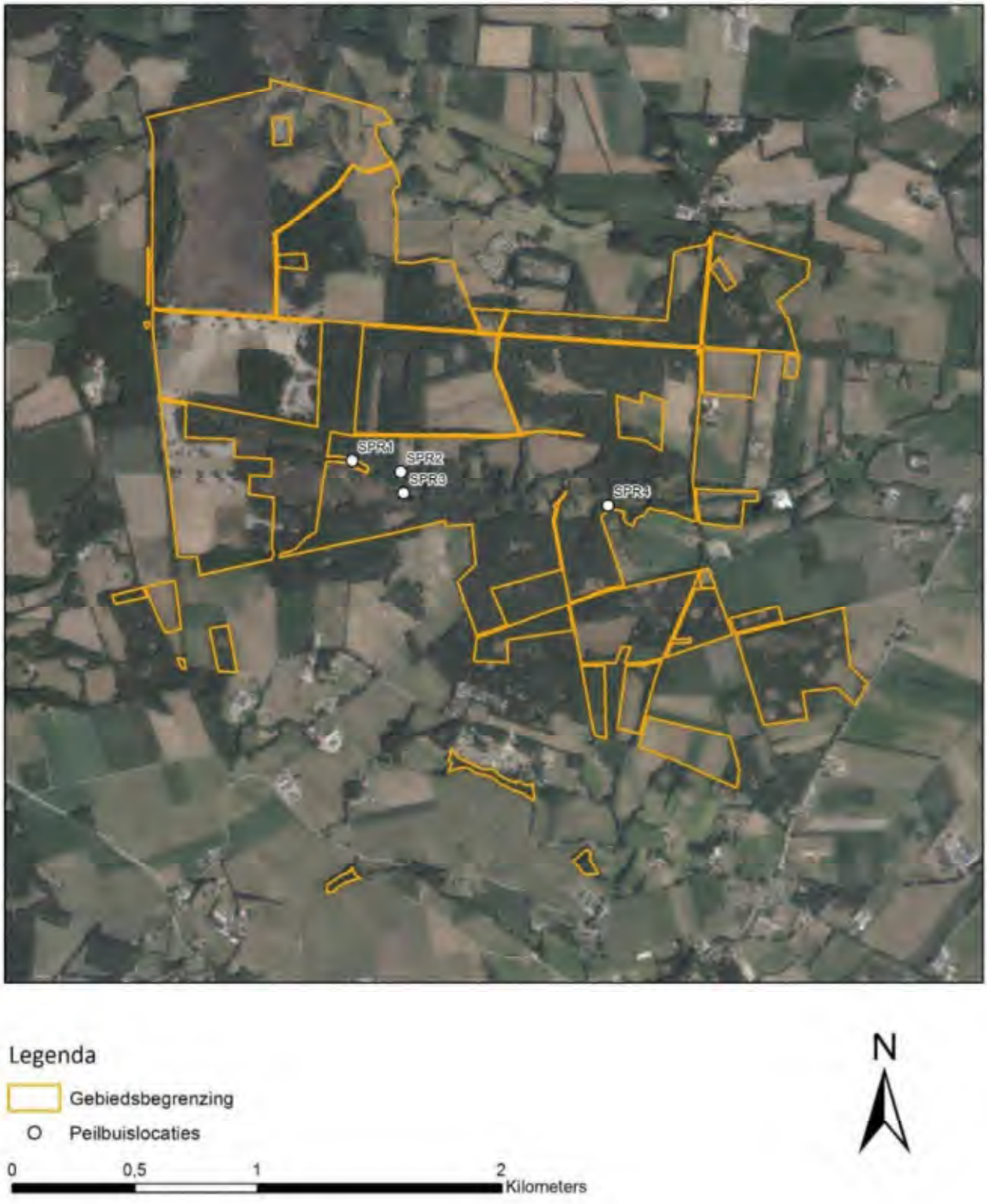
van Dongen, R., Ruis, R., & Dear, R. (sd). *Nederlandse Hoogveengebieden.*

Wageningen Universiteit & Research. (sd). *Parameters Grondwaterdynamiek*. Opgehaald van WUR: https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/Environmental-Research/Faciliteiten-Producten/Software-en-modellen/Grondwaterdynamiek/Parameters.htm

BIJLAGEN

Bijlage 1 – Luchtfoto's 68
Bijlage 2 – Hoogtekaarten 72
Bijlage 3 – Bodemkaarten 76
Bijlage 4 – Geomorfologische kaarten 80
Bijlage 5 – Metadata peilbuizen 84
Bijlage 6 – Meteorologische grafiek 86
Bijlage 7 – Datavalidatie 87
Bijlage 8 – PQ-reeksen 92
Bijlage 9 – Transectkartering 94
Bijlage 10 – Simulaties Springendal 101
Bijlage 11 – Kaartvlakinformatie peilbuislocaties Springendal 104
Bijlage 12 – Simulaties Lemselermaten 105
Bijlage 13 – Simulatie LEM3 o.b.v. De Bilt 113
Bijlage 14 – Simulaties Punthuizen en Stroothuizen 114
Bijlage 15 – Foto's Punthuizen en Stroothuizen 117
Bijlage 16 – Kaartvlakinformatie peilbuislocaties Punthuizen en Stroothuizen 119
Bijlage 17 – Simulaties Haaksbergerveen 120
Bijlage 18 – Veenmossoorten per transect Haaksbergerveen 126
Bijlage 19 – Vegetatiekartering Haaksbergerveen 130
Bijlage 20 – Duurlijnen 131
Bijlage 21 – Monitoringsmethode 138
Bijlage 22 – Monitoringsmethoden voor- en nadelen 140

Luchtfoto Springendal



Figuur 40: Luchtfoto Springendal met de gebiedsbegrenzing en de peilbuislocaties.

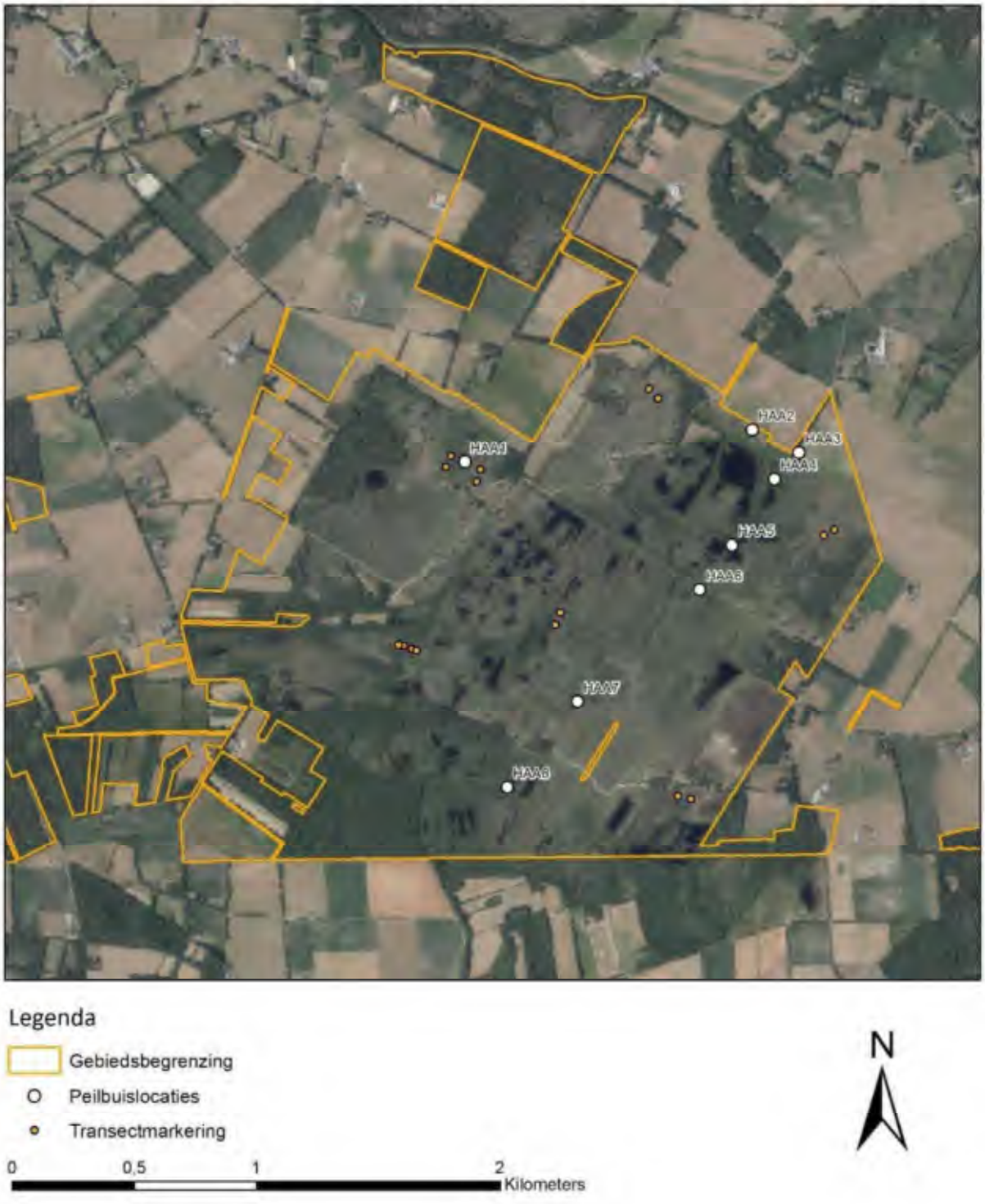
Luchtfoto Lemselermaten

Figuur 41± Luchtfoto Lemselermaten met de gebiedsbegrenzing en de peilbuislocaties

Luchtfoto Punthuizen en Stroothuizen

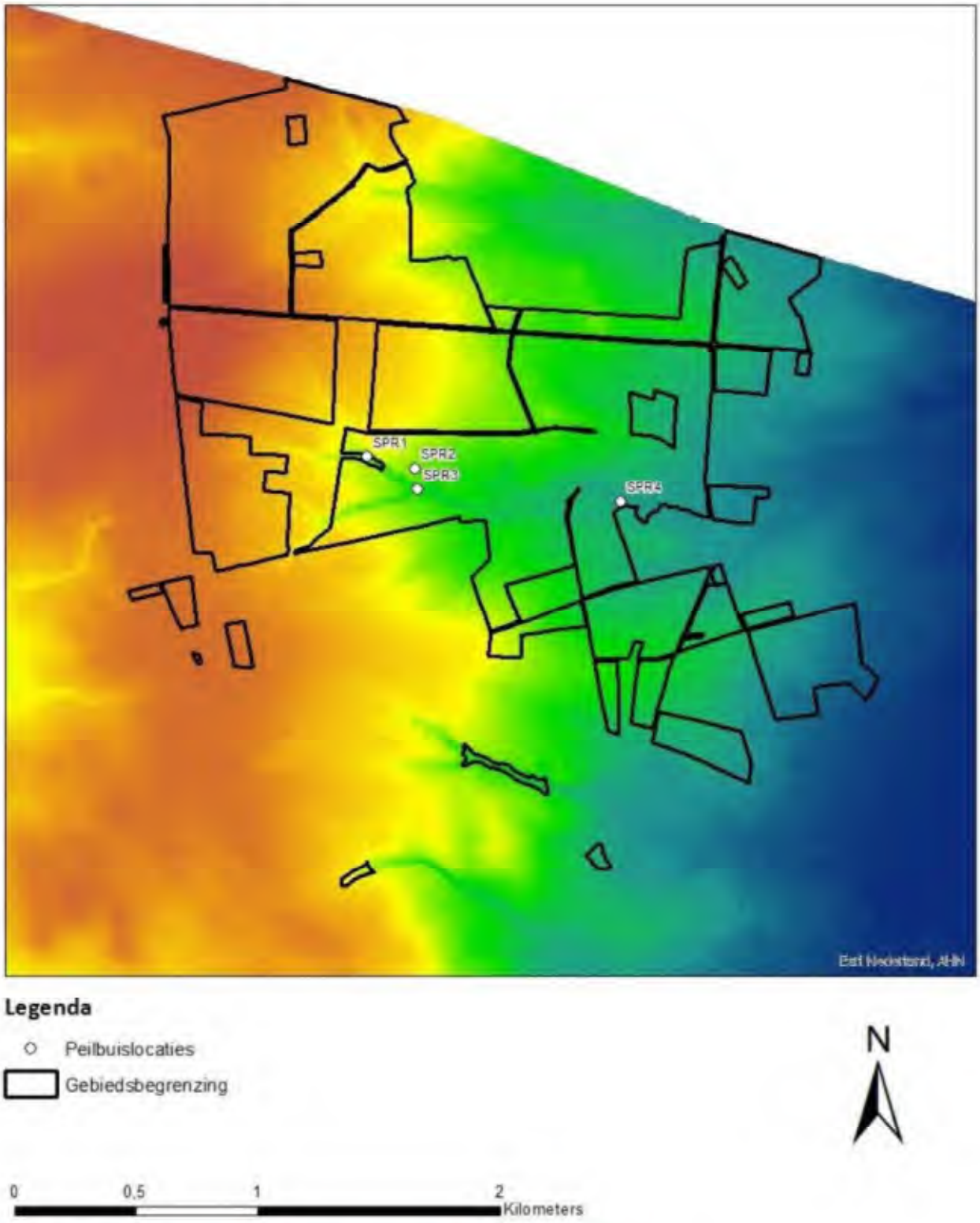
Figuur 42: Luchtfoto Punthuizen en Stroothuizen met de gebiedsbegrenzing en de peilbuislocaties

Luchtfoto Haaksbergerveen



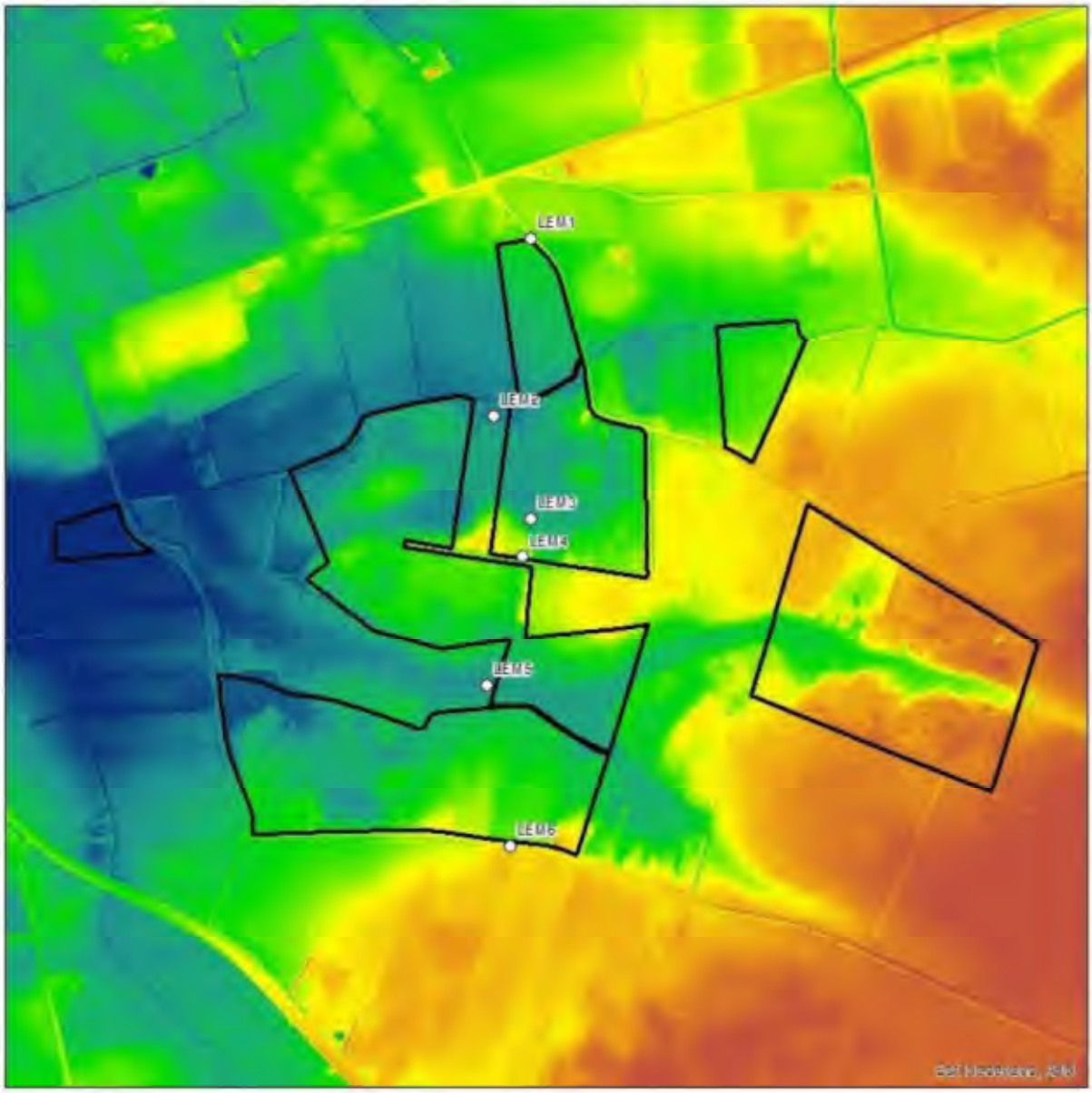
Figuur 43: Luchtfoto Haaksbergerveen met de gebiedsbegrenzing en de peilbuislocaties

Hoogtekaart Springendal



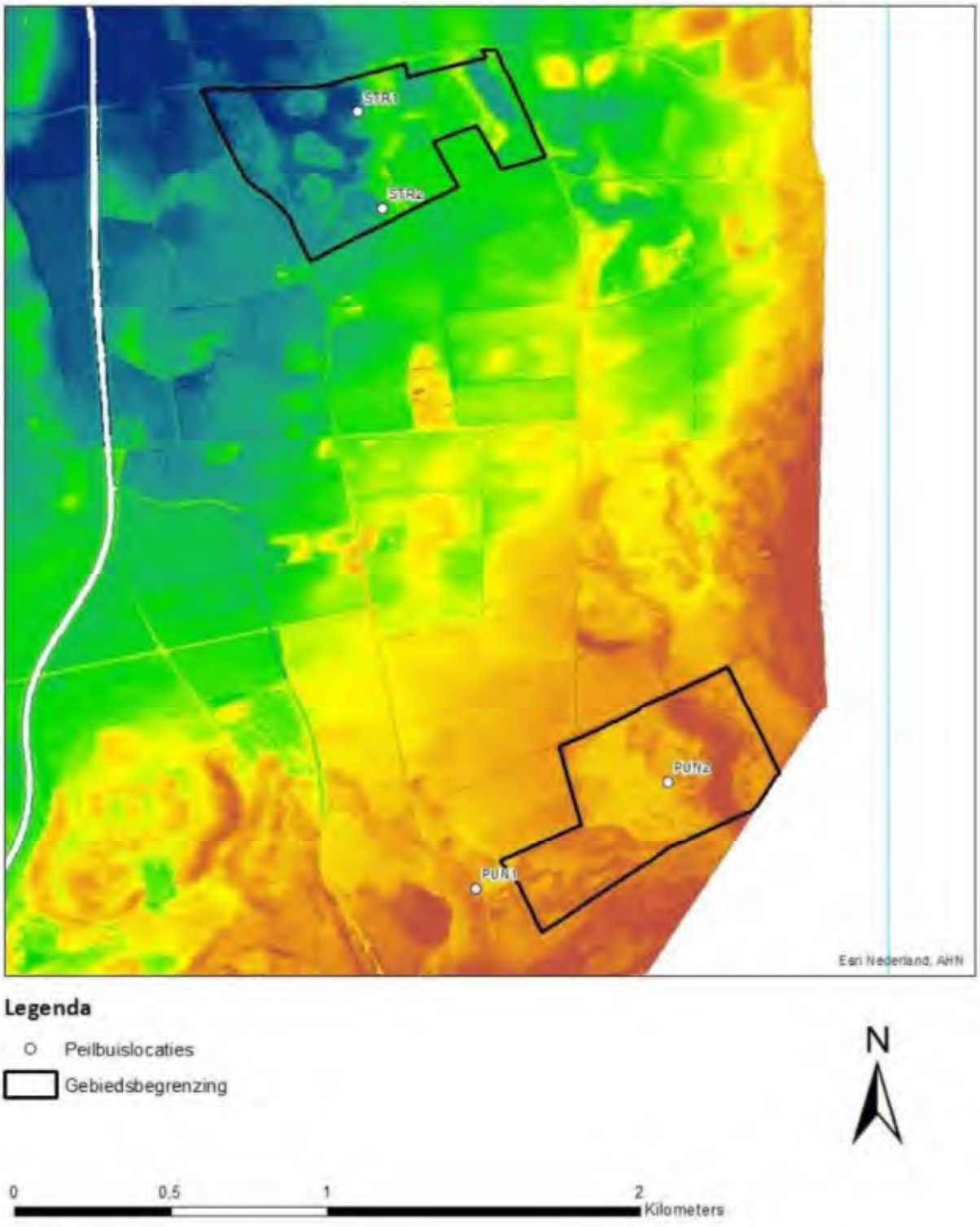
Figuur 44: Hoogtekaart Springendal met de gebiedsbegrenzing en de peilbuislocaties

Hoogtekaart Lemselermaten



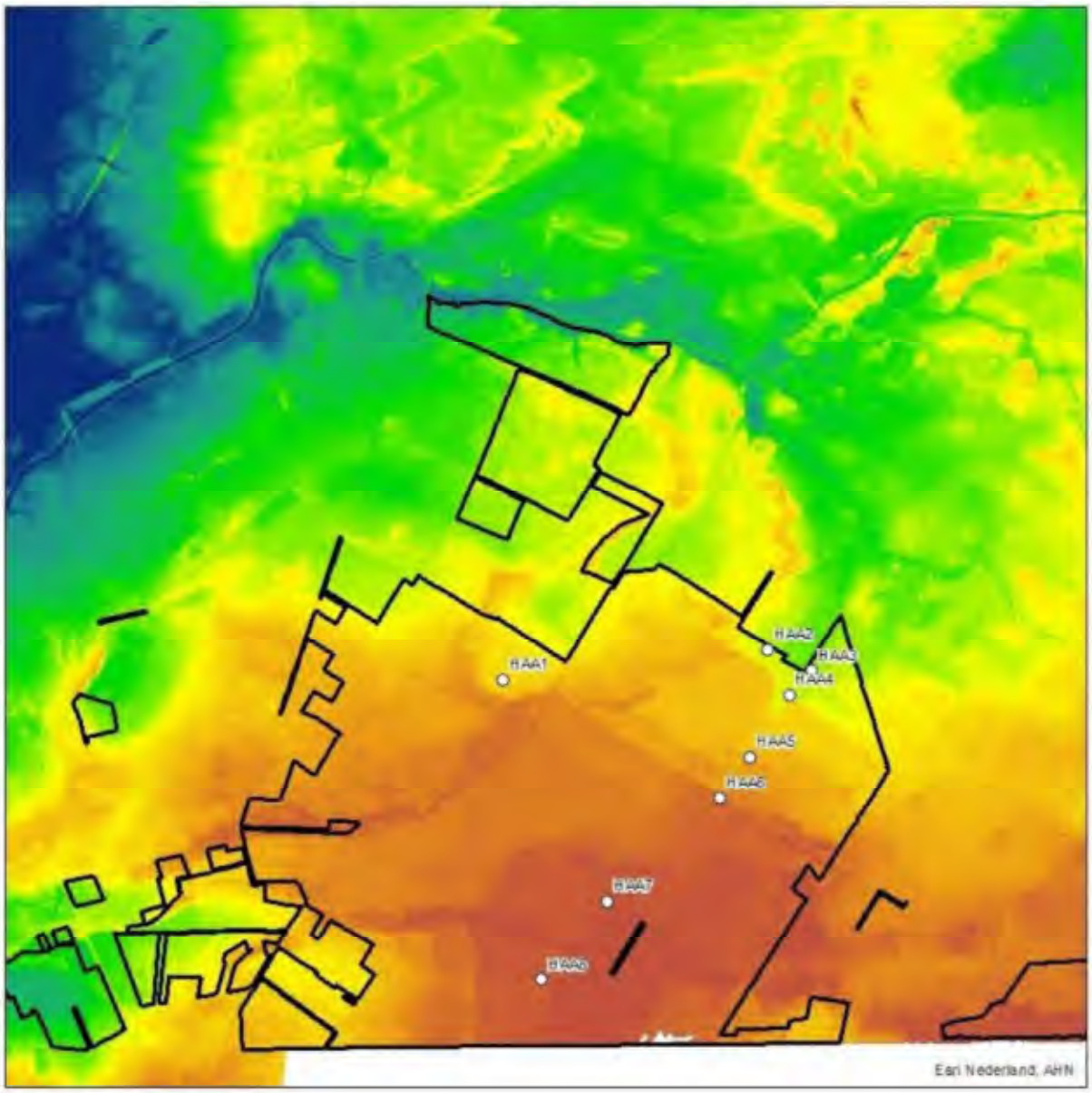
Figuur 45: Hoogtekaart Lemselermaten met de gebiedsbegrenzing en de peilbuislocaties

Hoogtekaart Punthuizen en Stroothuizen



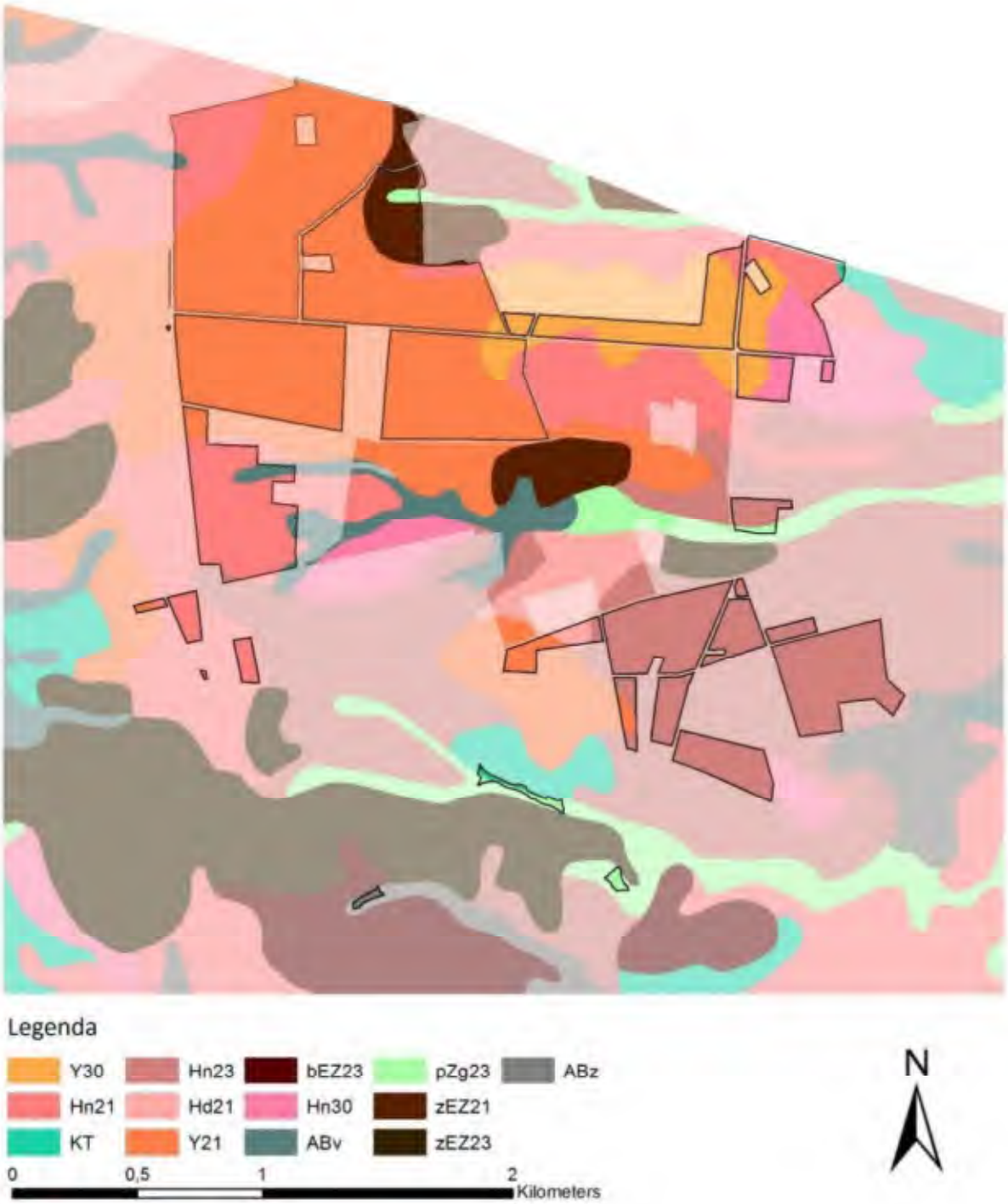
Figuur 46: Hoogtekaart Punthuizen en Stroothuizen met de gebiedsbegrenzing en de peilbuislocaties

Hoogtekaart Haaksbergerveen

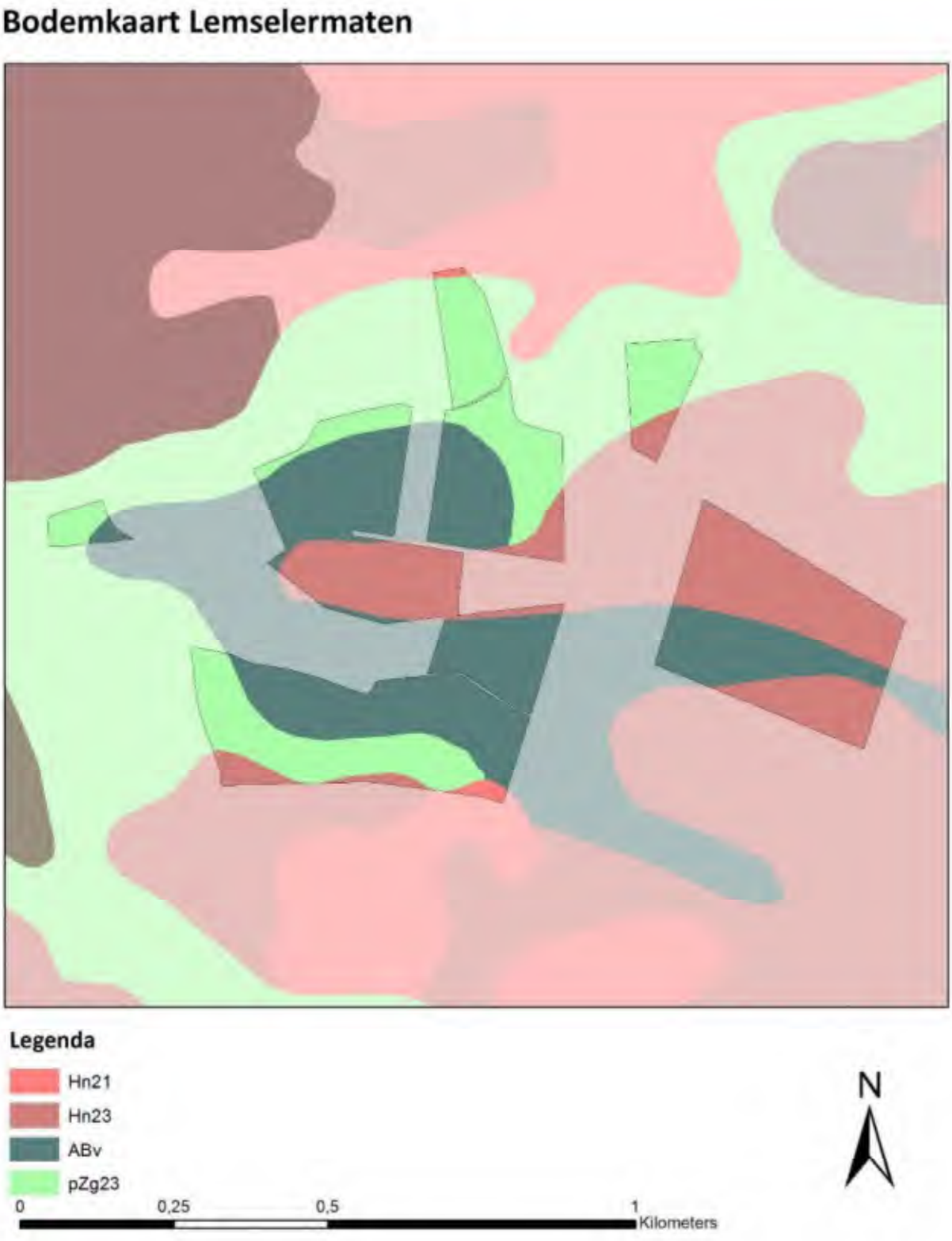


Figuur 47:Hoogtekaart Haaksbergerveen met de gebiedsbegrenzing en de peilbuislocaties

Bodemkaart Springendal

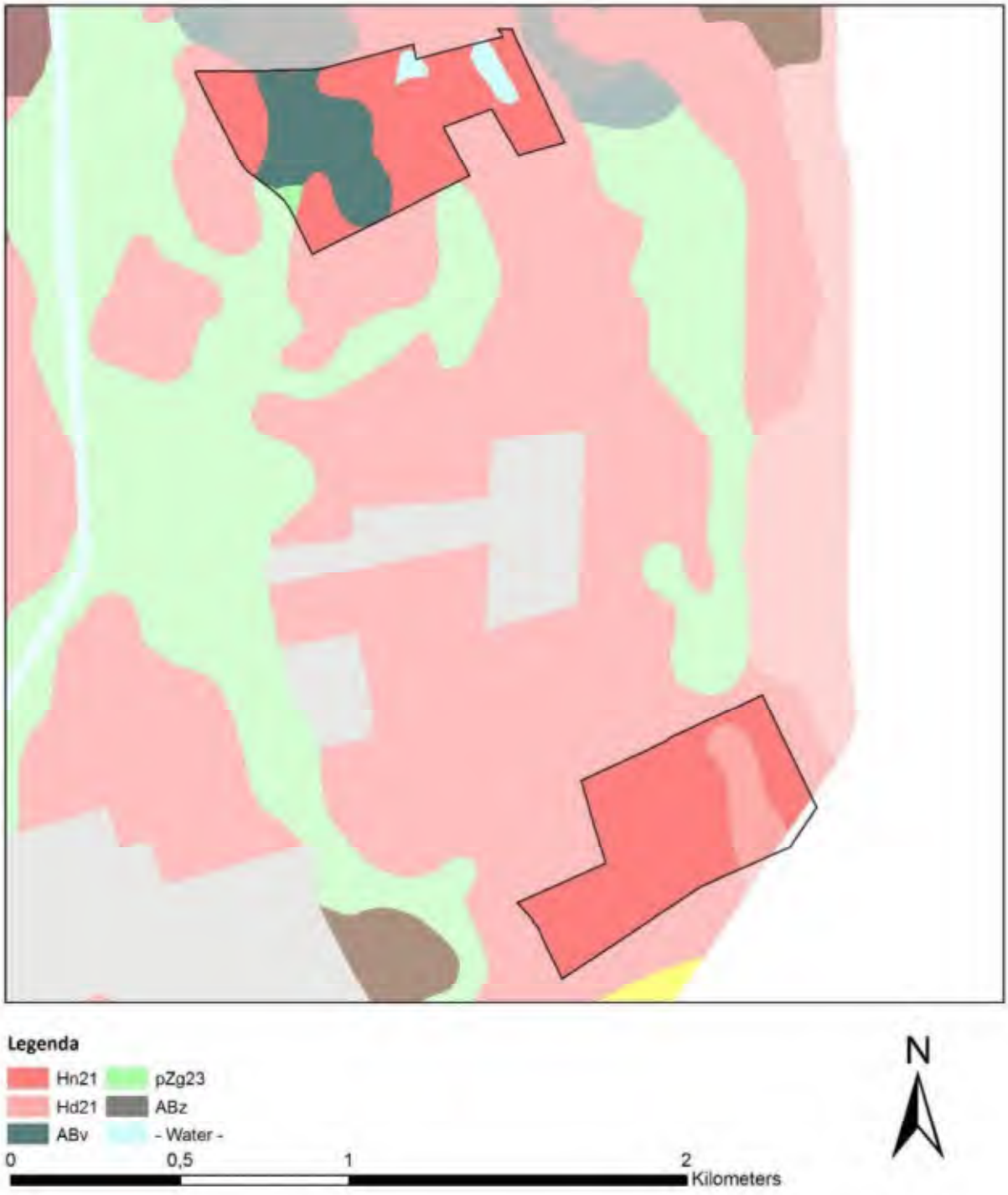


Figuur 48: De bodemkaart van het Springendal.



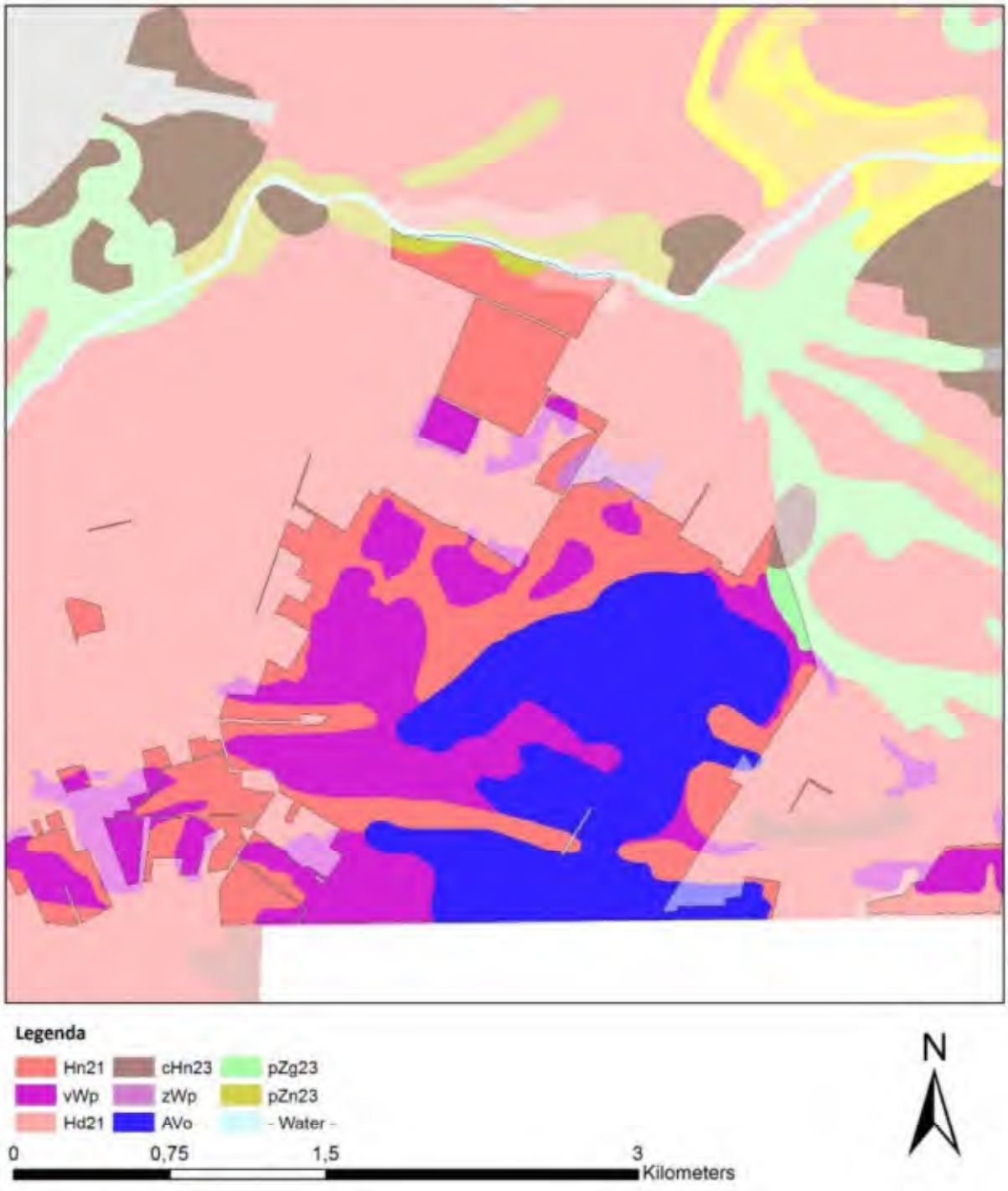
Figuur 49: De bodemkaart van de Lemselermaten.

Bodemkaart Punthuizen-Stroothuizen

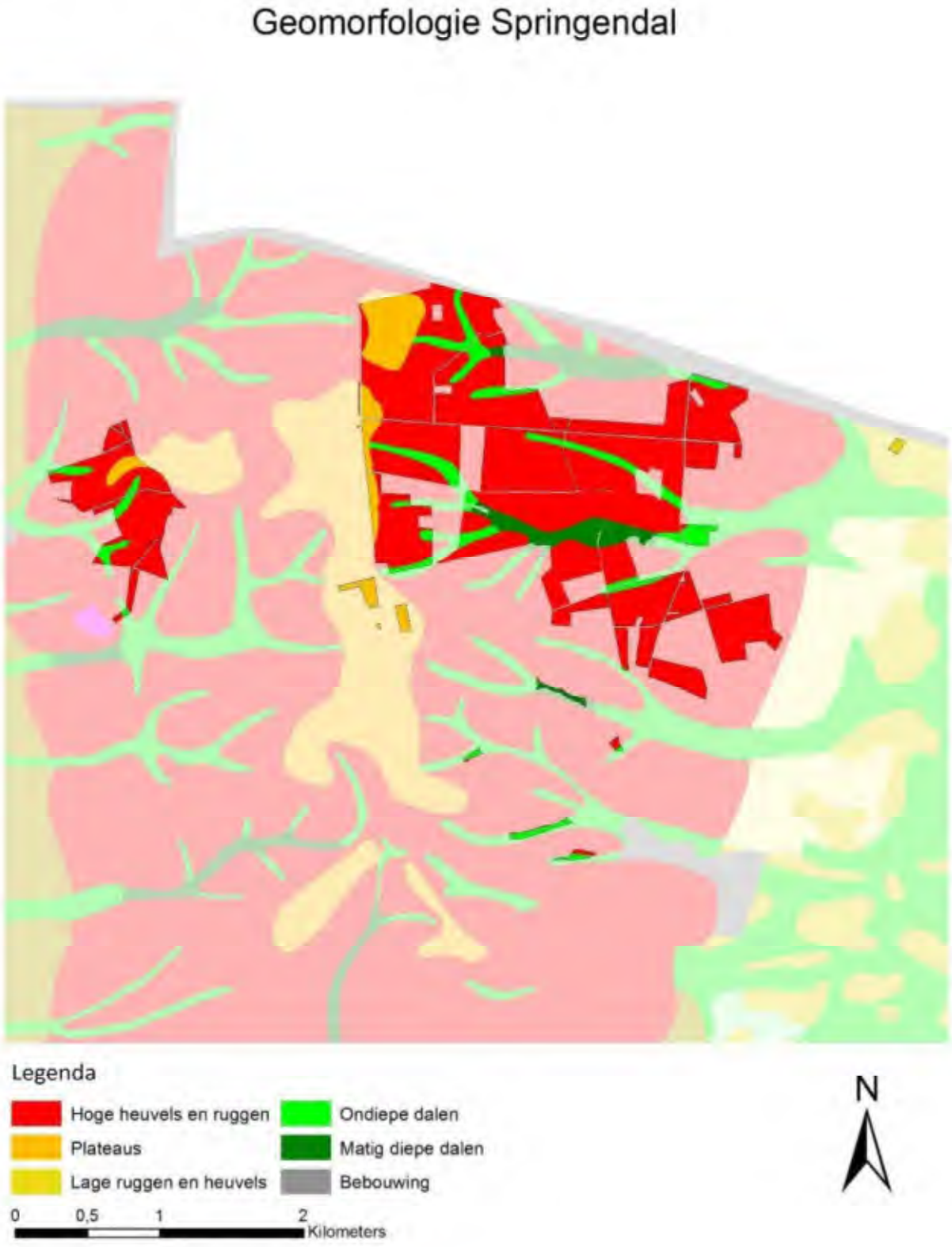


Figuur 50: De bodemkaart van Punthuizen en Stroothuizen.

Bodemkaart Haaksbergerveen

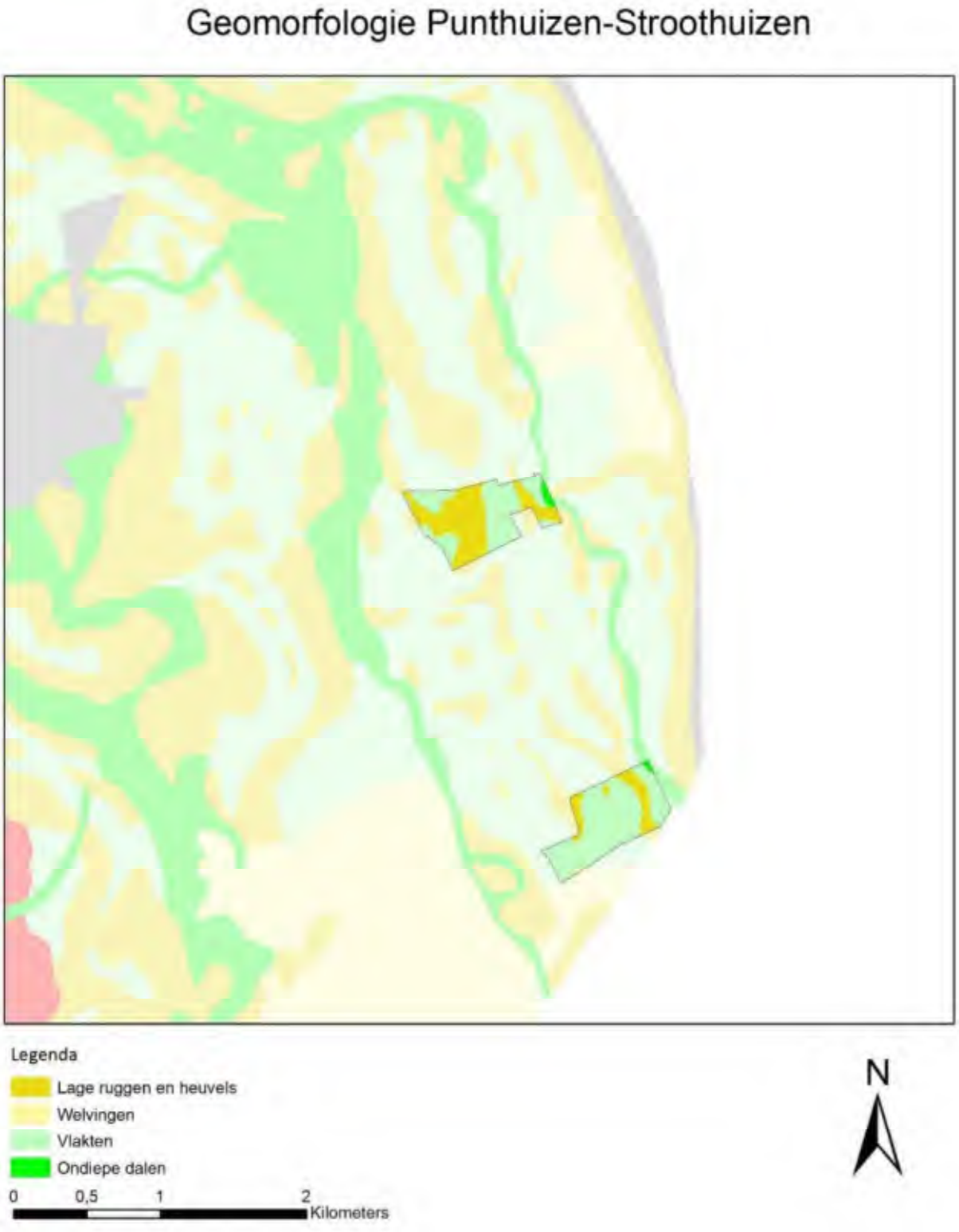


Figuur 51: De bodemkaart van het Haaksbergerveen.

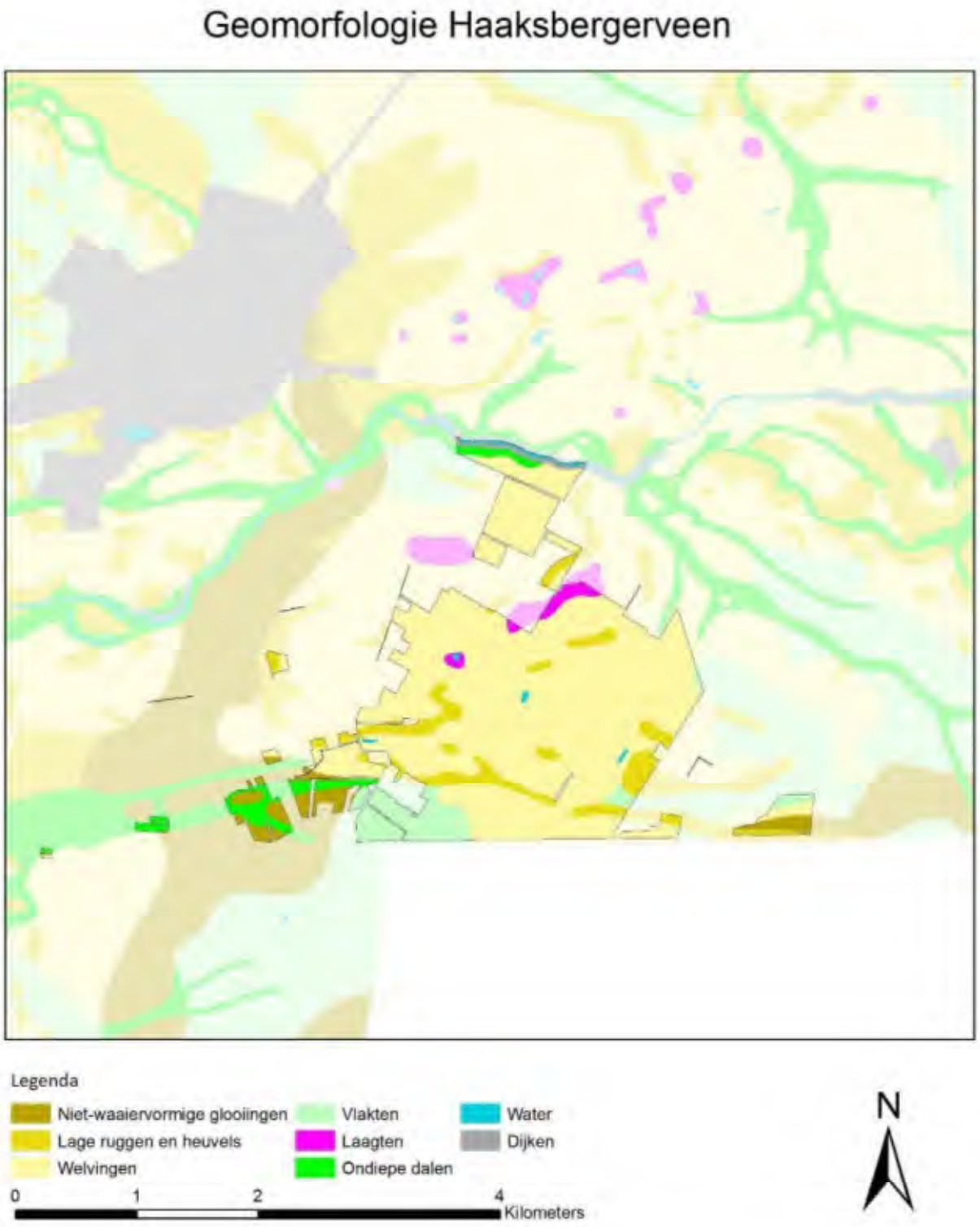


Figuur 52: De geomorfologische kaart van het Springendal.

Figuur 53: De geomorfologische kaart van de Lemselermaten.



Figuur 54: De geomorfologische kaart van Punthuizen en Stroothuizen.



Figuur 55: De geomorfologische kaart van het Haaksbergerveen.

BIJLAGE 5 – METADATA PEILBUIZEN

Tabel 6: Metadatatabel peilbuizen

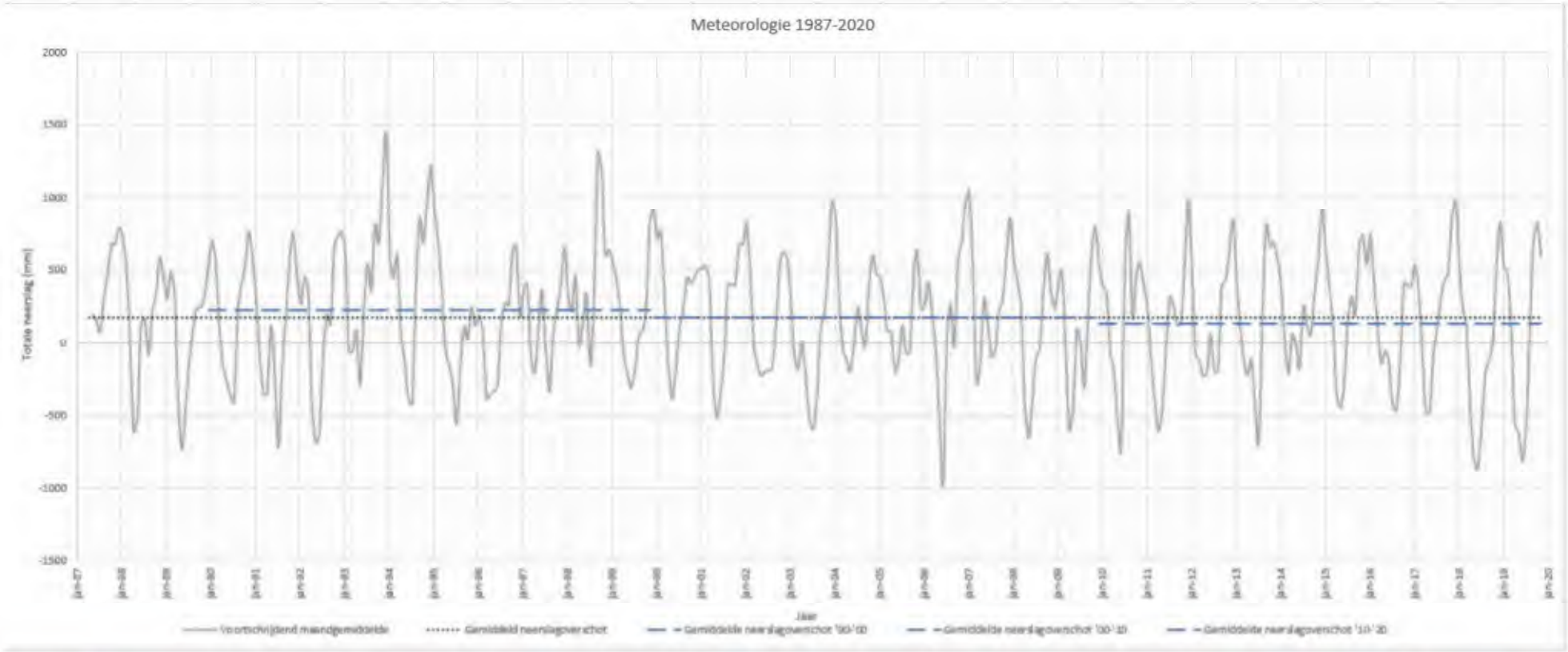
Peilbuisnaam	NITG-code	X-coördinaat	Y-coördinaat	Startdatum meetperiode	Surface-level (m+NAP)	Filter nr.	Filterdiepte onderkant peilbuis (m+NAP)	Tijdreeksmodel	EVP
SPR1	B28F1442	256797.186	495089.922	13-06-2012	47,82	1	47,324	n.v.t.	
						2	46,932	n.v.t.	
						3	46,061	n.v.t.	
SPR2	B28F0207	256995	495044	14-10-1995	48,54	1	41,700	Niet lineair	76.1%
						2	28,56	Niet lineair	70.2%
SPR3	B28F1439	257007.456	494955.055	08-06-2012	43,81	1	43,342	Niet lineair	67.6%
						2	42,773	Niet lineair	75.3%
SPR4	B28F1443	257843.338	494904.856	13-06-2012	35,12	1 (voor)	34,762	Niet lineair	70.9%
						1 (na)	34,762	Niet lineair	75.5%
						2 (voor)	34,066	Niet lineair	74.1%
						2 (na)	34,066	Niet lineair	89.1%
PUN1	B29C0136	268684.86	485638.97	25-04-1985	29,19	1	19,19	Niet lineair	85.3%
						2	-5.81	Niet lineair	83.8%
PUN2	B29C1539	269297.668	485980.324	25-05-2012	28,684	1	27,096	Niet lineair	81.6%
STR1	B29A0752	268307.99	488119.184	25-05-2012	25,806	1	24,274	Niet lineair	91.8%
						2	21,095	Niet lineair	84.5%
STR2	B29A0753	268386.147	487809.853	25-05-2012	26,049	1	24,638	Niet lineair	88.7%
						2	21,463	Lineair	90.9%
LEM1	B28H1881	256371.64	485644.94	28-09-2015	20.27	1	12.873	Niet lineair	94.4%
						2	3.349	Niet lineair	94.3%
LEM2	B28H1886	256318.79	485393.82	26-10-2015	18.81	1	16.786	Niet lineair	96.6%
						3	10.786	Niet lineair	95.4%
LEM3	B28H1806	256371.123	485247.706	06-06-2012	19.346	1	18.453	Niet lineair	83.7%
						2	16.515	Niet lineair	91.3%
LEM4	B28H1880	256360.49	485194.16	07-09-2015	20.5	1	16.56	Niet lineair	94.2%
						2	3.544	Niet lineair	93.0%
						3	-4.698	Niet lineair	93.9%
LEM5	B28H1885	256309.03	485011.57	26-10-2015	19.08	1	17.043	Niet lineair	96.6%
						2	14.484	Niet lineair	94.8%
LEM6	B28H1879	256341.9	484784.91	07-09-2015	20.892	1	15.288	Niet lineair	93.6%
						3	-13.779	Niet lineair	95.7%
HAA1	B34H0084	250029	461475	14-01-1994	32.07	1	31.029	Niet lineair	91.8%

						2	30.439	Niet lineair	92.4%
						3	28.346	Niet lineair	93.8%
HAA2	B34H0314	251208	461608	20-06-2008	30.71	1	28.52	Niet lineair	84.7%
HAA3	B34H0321	251400	461513	09-03-2012	30.69	1	27.643	Niet lineair	74.4%
HAA4	B34H0320	251300	461405	09-03-2012	32.36	1	29.854	Niet lineair	92.4%
HAA5	B34H0319	251125	461135	09-03-2012	33.34	1	31.391	Niet lineair	89.4%
HAA6	B34H0318	250993	460951	09-03-2012	34.52	1	32.501	Niet lineair	92.0%
HAA7	B34H0317	250490.9	460494.7	09-03-2012	35.09	1	32.64	Niet lineair	88.0%
HAA8	B34H0098	250203	460143	14-01-1994	34.69	1	31.336	Niet lineair	95.2%

Tabel 7: Metadatatabel overige peilbuizen Lemselermaten

NITG-code	X-coördinaat	Y-coördinaat	Startdatum meetperiode	Surface-level (m+NAP)	Filter nr.	Filterdiepte onderkant peilbuis (m+NAP)	Tijdreeksmodel	EVP
B28H1804	256550.801	485065.022	06-06-2012	19.44	1	17.962	Niet lineair	96.1%
					2	15.917	Niet lineair	94.0%
B28H1805	257022.207	485009.302	06-06-2012	20.383	1	19.104	Niet lineair	94.0%
					2	15.883	Lineair	94.9%
B28H1808	256805.475	485080.358	12-07-2012	19.821	1	18.822	Niet lineair	91.6%
					2	15.321	Niet lineair	93.4%
B28H1883	256055.13	484972.39	30-10-2015	18.57	1	17.09	Niet lineair	97.1%
					3	9.131	Niet lineair	96.7%
B28H1884	255981.16	484995.48	30-10-2015	18.5	1	16.228	Niet lineair	97.5%
					3	9.08	Niet lineair	95.1%
B28H1882	257023.97	485006.19	30-10-2015	20.38	1	11.515	Lineair	94.6%
					2	5.834	Lineair	94.8%

BIJLAGE 6 – METEOROLOGISCHE GRAFIEK



Figuur 56: Meetgegevens van de neerslag en verdamping van het KNMI van de periode van 1987 tot 2020 zijn omgezet naar neerslagoverschot, voortschrijdend maandgemiddelde, het gemiddelde neerslagoverschot en het gemiddelde neerslagoverschot per 10 jaar (1990-2000, 2000-2010, 2010-2020).

BIJLAGE 7 – DATAVALIDATIE

Hydrologie

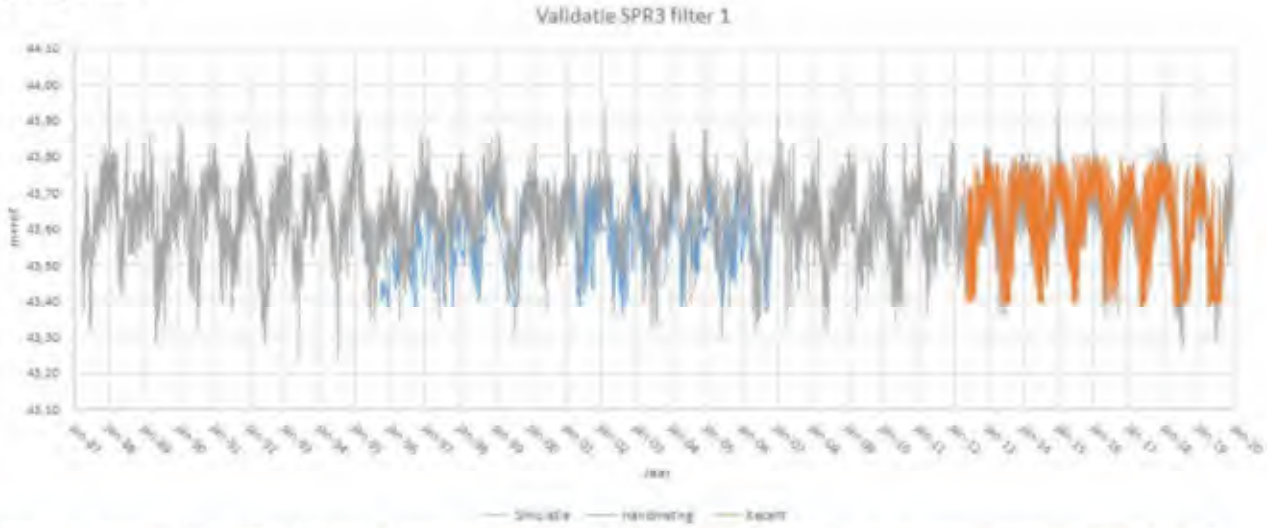
Ten behoeve van de evaluatie van de droogte zijn, op basis van recente meetreeksen uit het meetnet verdroging van de Provincie Overijssel, tijdreeksmodellen opgesteld. Voor elke locatie met meetgegevens zijn zowel lineaire als niet lineaire tijdreeksmodellen opgesteld op basis van neerslag en verdampingsreeksen (KNMI data) met behulp van het programma Menyanthes. Vervolgens zijn de beste tijdreeksmodellen per locatie geselecteerd op basis van statistische parameters (EVP, EVAP factor) en een visuele controle van het tijdreeksmodel ten opzichte van de metingen waarbij vooral is gekeken of het tijdreekmodel de dynamiek in natte perioden (bijvoorbeeld aftopping van de grondwaterstand door afvoer over maaiveld) en droge perioden (uitzakken van de grondwaterstand) juist simuleert.

Op basis van de tijdreeksmodellen zijn vervolgens grondwaterstanden gesimuleerd voor de periode 1987 tot 2020. Hierdoor is een klimaatonafhankelijke meetreeks verkregen.

Voor een aantal locaties uit het meetnet verdroging zijn ook oude reeksen uit het hydrologisch meetnet van Staatsbosbeheer beschikbaar. Met behulp van deze metingen zijn de gesimuleerde tijdreeksen gevalideerd door het vergelijken van de gesimuleerde meetreeks met de handmatige waarnemingen uit het meetnet van Staatsbosbeheer. Hierdoor is het mogelijk om te kijken of het tijdreeksmodel, ook in perioden waar het model geen metingen beschikbaar had, de gemeten dynamiek juist simuleert.

In totaal zijn er voor drie gebieden (Springendal, Lemsermaten en Punthuizen) 5 locaties beschikbaar met oude en nieuwe metingen op vrijwel dezelfde locatie. In figuur 57 t/m 63 is de validatie met de oude handmetingen en de simulaties gebaseerd op de recente grondwaterstandsmetingen gevisualiseerd.

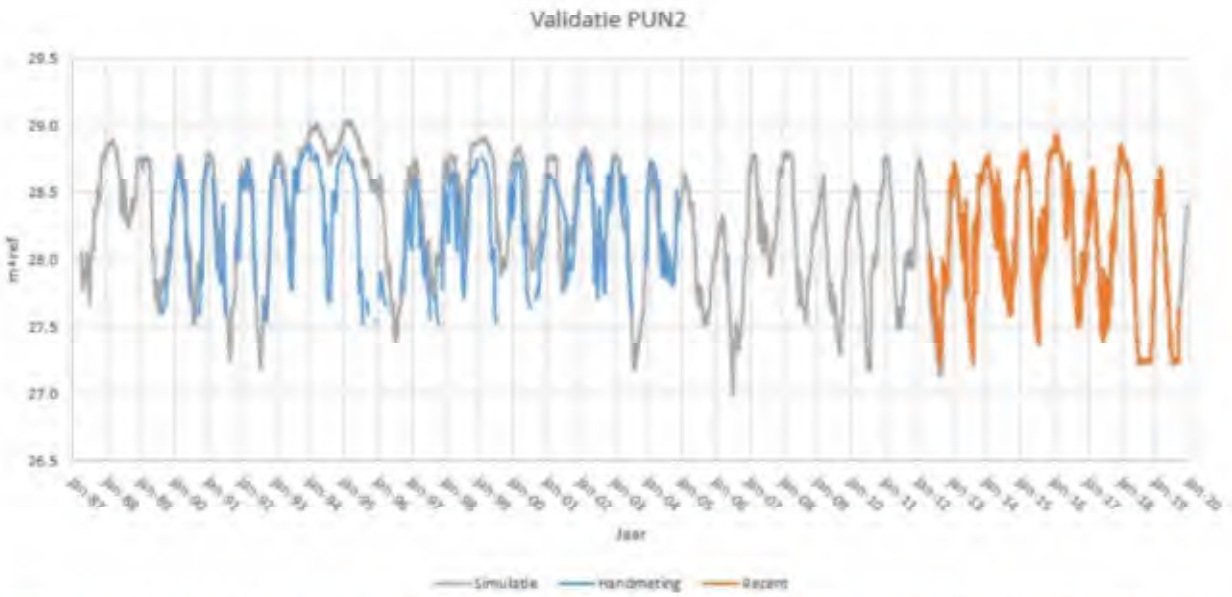
Springendal



Figuur 57: Validatie SPR3 filter 1 m.b.v. de simulatie (gebaseerd op de recente metingen). Hierbij zijn de recente metingen en de oude handmetingen geplot in dezelfde grafiek om de overlap zichtbaar te maken tussen de simulaties en de oudere handmetingen.

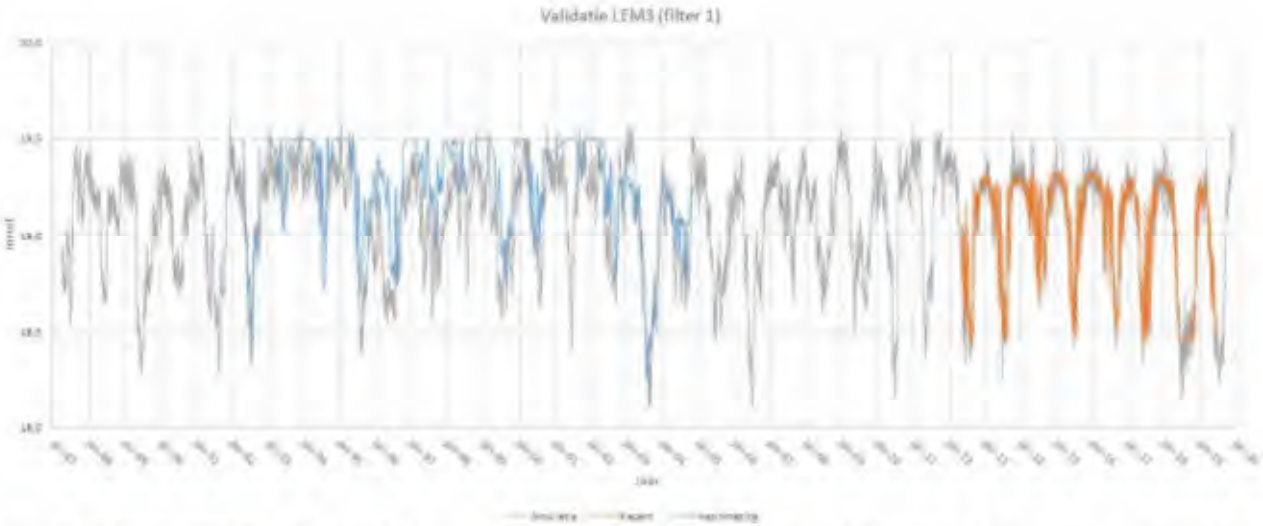
Figuur 58: Validatie SPR3 filter 3 m.b.v. de simulatie (gebaseerd op de recente metingen). Hierbij zijn de recente metingen en de oude handmetingen geplot in dezelfde grafiek om de overlap zichtbaar te maken tussen de simulaties en de oudere handmetingen.

Punthuizen

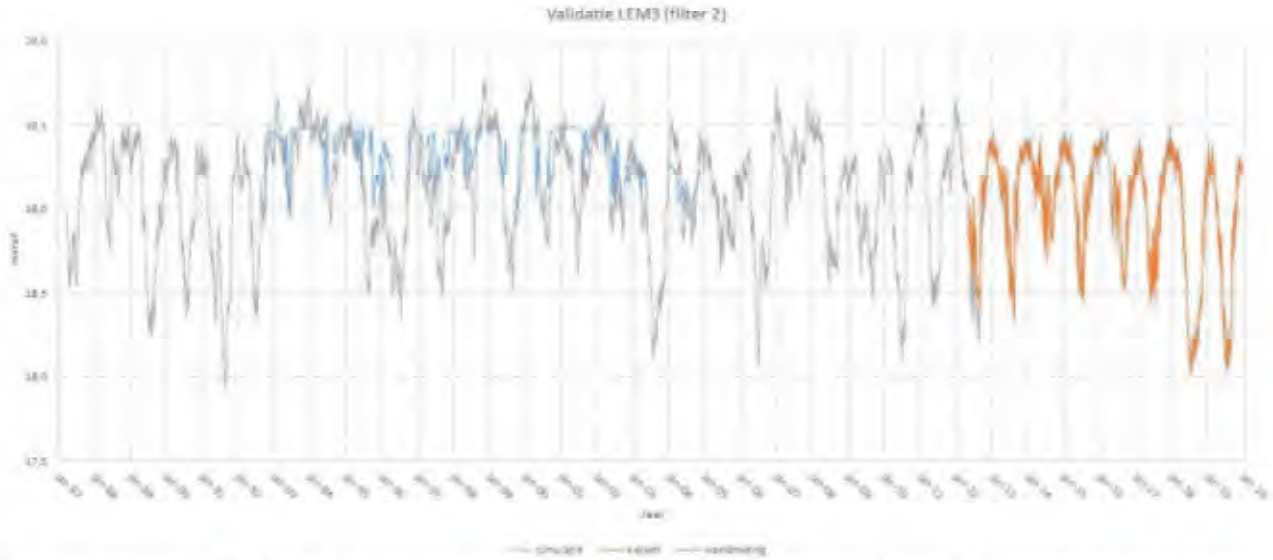


Figuur 59: Validatie PUN2 filter 1 m.b.v. de simulatie (gebaseerd op de recente metingen). Hierbij zijn de recente metingen en de oude handmetingen geplot in dezelfde grafiek om de overlap zichtbaar te maken tussen de simulaties en de oudere handmetingen.

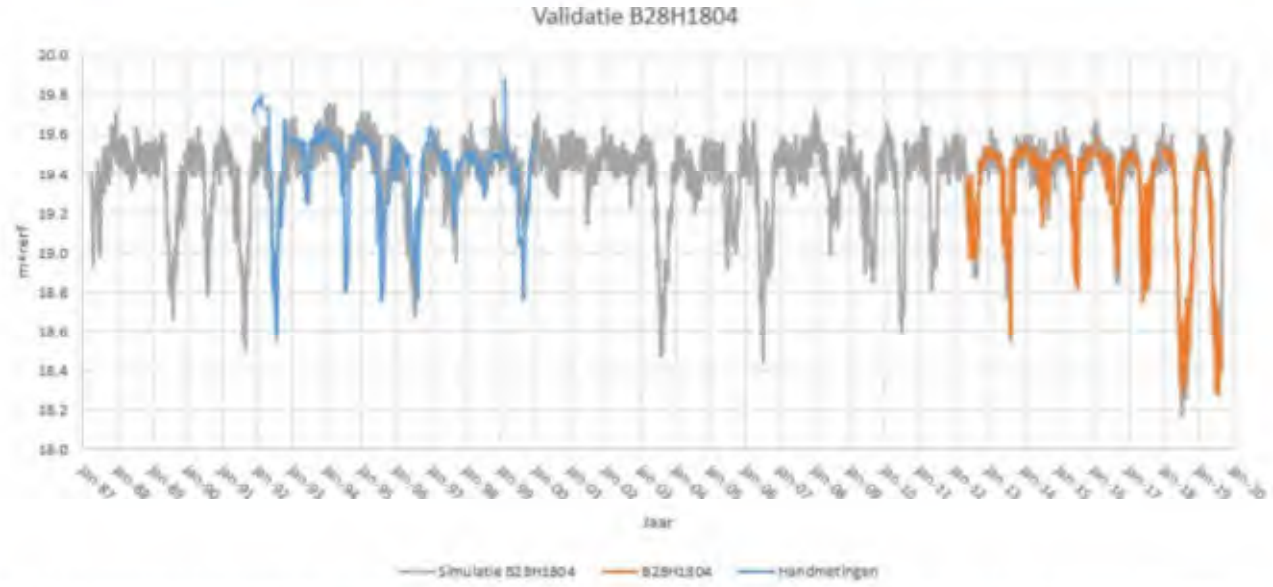
Lemselermaten



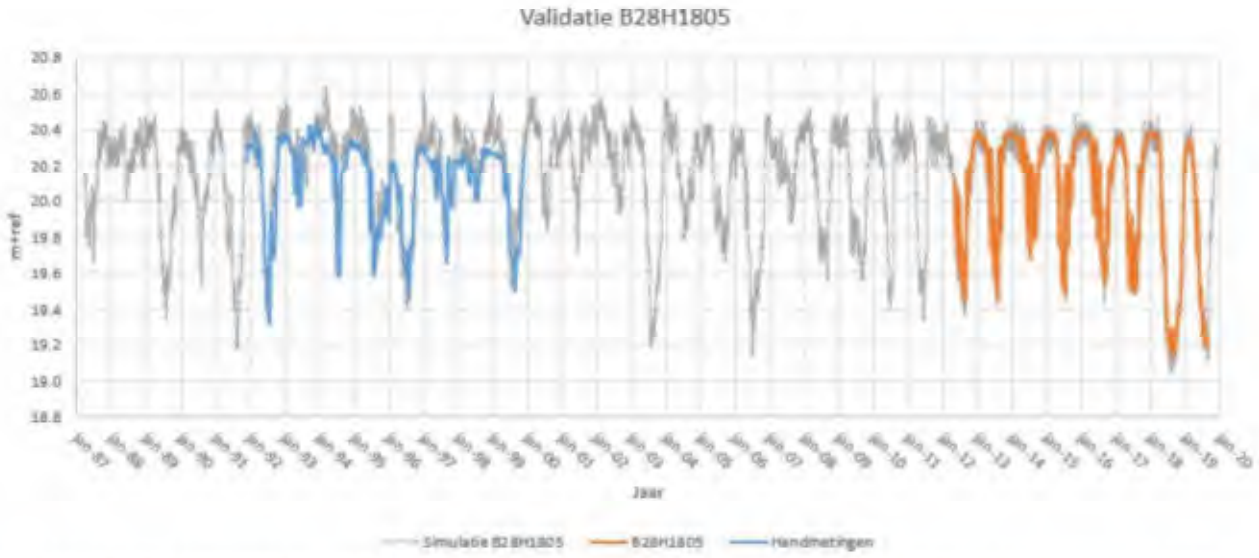
Figuur 60: Validatie LEM3 filter 1 m.b.v. de simulatie (gebaseerd op de recente metingen). Hierbij zijn de recente metingen en de oude handmetingen geplot in dezelfde grafiek om de overlap zichtbaar te maken tussen de simulaties en de oudere handmetingen.



Figuur 61: Validatie LEM3 filter 2 m.b.v. de simulatie (gebaseerd op de recente metingen). Hierbij zijn de recente metingen en de oude handmetingen geplot in dezelfde grafiek om de overlap zichtbaar te maken tussen de simulaties en de oudere handmetingen.



Figuur 62: Validatie B28H1804 filter 1 m.b.v. de simulatie (gebaseerd op de recente metingen). Hierbij zijn de recente metingen en de oude handmetingen geplot in dezelfde grafiek om de overlap zichtbaar te maken tussen de simulaties en de oudere handmetingen.



Figuur 63: Validatie B28H1805 filter 1 m.b.v. de simulatie (geboseerd op de recente metingen). Hierbij zijn de recente metingen en de oude handmetingen geplot in dezelfde grafiek om de overlap zichtbaar te maken tussen de simulaties en de oudere handmetingen.

BIJLAGE 8 – PQ-REEKSEN

Tabel 8: Kopgegevens van de Kleuver PQ (1967-2019).

Tabelnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Opnamenummer	7505	7506	7507	7508	7509	7510	7511	7512	7513	7514	7515	7516	100023	107885	107901	12
Bedekkingsschaal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2
Jaar	**1967**	**1968**	**1970**	**1971**	**1972**	**1973**	**1974**	**1975**	**1976**	**1977**	**1978**	**1980**	**1992**	**1993**	**2018**	**2019**
X-coordinaat (km) (x 1000)	2564000	2564000	2564000	2564000	2564000	2564000	2564000	2564000	2564000	2564000	2564000	2564000	2564000	2564000	2563880	2563880
Y-coordinaat (km) (x 1000)	4852000	4852000	4852000	4852000	4852000	4852000	4852000	4852000	4852000	4852000	4852000	4852000	4852000	4852000	4852510	4852510
Lengte proefvlak (m)	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3
Breedte proefvlak (m)	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3
Opp. proefvlak (m^2)	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	9	9
Bedekking struiklaag (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99	0	0
Bedekking kruidlaag (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	99	98
Bedekking moslaag (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Gem. hoogte (hoge) kruidl (cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	20
Gem. hoogte lage kruidl. (cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
Maximale hoogte kruidlaag (cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0
Auteur	Kleuver, J.	Kleuver, J.	Kleuver, J.	Kleuver, J.	Kleuver, J.	Kleuver, J.	Kleuver, J.	Kleuver, J.	Kleuver, J.	Kleuver, J.	Kleuver, J.	Kleuver, J.	Kleuver, J.	Kleuver, J.	M. Horsthuis	M. Horsthuis
Associa (1)	16AA01D	16AA01D	16AA01D	16AB01	16AA01B	16AA01B	16AA01B	16AA01B	16AB01	16AA01B	16AB01	16AB01	09BA02	16AA01B	16AA01A	16AA01A
Associa_02	16AA01B	16AA01B	16AA01B	16AA01A	16AA01D	16AA01D	16AA01A	16AA01D	16AA01B	16AA01D	16AA01C	16AA01C	16AA01B	16AA01C	16AA01D	16AA01D
Licht	6.77	6.78	6.71	6.85	6.80	6.68	6.73	6.83	6.77	6.83	6.81	6.76	6.84	6.89	7.08	7.22
Temp	4.57	4.39	4.38	4.44	4.41	4.35	4.22	4.33	4.45	4.38	4.33	4.33	4.44	4.73	4.60	4.67
Vocht	7.35	7.15	7.04	7.17	7.24	7.18	7.11	7.35	7.25	7.25	7.21	7.19	7.22	7.48	7.50	7.33
pH	4.78	4.57	4.67	4.81	4.77	4.59	4.83	5.04	4.52	4.88	4.86	5.14	5.21	5.27	5.18	5.00
N	3.45	3.35	3.23	3.17	3.28	3.34	3.34	3.39	3.14	3.32	3.21	3.35	3.44	3.38	2.95	2.71
GHG	21.37	26.33	29.73	25.01	24.11	25.90	26.01	21.60	26.34	24.61	21.73	23.82	16.50	13.66	16.84	17.08
GLG	80.37	85.26	89.60	84.15	83.41	85.96	86.44	79.99	86.54	84.51	80.49	82.54	73.66	68.43	72.80	74.16
GVG	23.19	26.73	29.04	25.34	24.99	25.05	24.69	23.76	24.08	26.33	23.28	25.51	24.52	22.73	22.50	23.24
NH4	8.18	7.77	7.58	7.61	7.71	7.97	7.93	7.82	8.08	7.76	7.56	7.50	7.64	7.71	7.29	7.13
NO3	4.66	4.55	4.50	4.19	4.66	4.86	4.66	4.51	4.24	4.40	3.78	4.88	4.97	5.31	4.15	2.83
N-tot	4292.74	4014.83	3937.58	4146.67	4205.33	4130.25	4158.29	4187.68	4059.79	4110.00	4167.05	4151.77	4536.26	4720.76	4503.17	4503.17
pH H2O	5.38	5.40	5.38	5.42	5.41	5.35	5.35	5.43	5.29	5.40	5.45	5.49	5.52	5.57	5.53	5.56
pH KCl	4.71	4.74	4.75	4.74	4.72	4.66	4.66	4.75	4.60	4.73	4.76	4.81	4.82	4.89	4.80	4.80
Vocht	33.15	31.74	31.75	32.91	33.24	31.93	31.86	33.07	31.75	32.89	33.52	33.19	36.80	38.37	35.31	34.84
C	3.84	3.74	3.96	3.68	3.82	3.77	3.95	3.87	3.91	3.91	3.83	3.78	3.81	3.65	3.41	3.38

Tabel 9: Kopgegevens van de Hofstra PQ (1991-2019).

Tabelnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Opnamenummer	107899	107888	107889	107890	107891	107892	107893	107894	107895	107896	107897	107898	107900	13
Bedekkingsschaal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Jaar	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2018	2019
Maand													7	6
Dag													2	6
X-coordinaat (km) (x 1000)	2563750	2563750	2563750	2563750	2563750	2563750	2563750	2563750	2563750	2563750	2563750	2563750	2563750	2563750
Y-coordinaat (km) (x 1000)	4852580	4852580	4852580	4852580	4852580	4852580	4852580	4852580	4852580	4852580	4852580	4852580	4855258	4852580
Lengte proefvlak (m)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Breedte proefvlak (m)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Bedekking kruidlaag (%)	70	70	100	80	80	70	70	80	80	95	90	70	98	98
Bedekking moslaag (%)	95	50	30	100	100	100	100	100	90	90	95	95	1	1
Gem. hoogte (hoge) kruidl (cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	15
Gem. hoogte lage kruidl. (cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5
Maximale hoogte kruidlaag (cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	30
Mossen geidentificeerd (J/N)	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
Permanent Quadraat (J/N)	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
Auteur	J. Hofstra	J. Hofstra	J. Hofstra	J. Hofstra	J. Hofstra	J. Hofstra	J. Hofstra	J. Hofstra	J. Hofstra	J. Hofstra	J. Hofstra	J. Hofstra	M. Horsthuis	M. Horsthuis
L_mea_b	6.95	7.15	7.27	7.23	7.27	7.22	7.19	7.19	7.19	7.17	7.18	7.19	7.03	7.03
T_mea_b	4.36	4.76	4.79	4.76	4.93	4.94	4.93	4.78	4.94	5	4.89	4.85	0	4.75
V_mea_b	7.55	7.83	7.88	7.89	7.81	7.75	7.71	7.66	7.72	7.65	7.44	7.42	7.5	7.13
Ph_mea_b	6	6	6.2	6.11	6.11	6.1	5.88	5.9	5.95	6.1	6.12	6	5.71	5.5
N_mea_b	4.24	3.75	3.61	3.62	3.46	3.54	3.48	3.5	3.43	3.61	3.74	3.67	2.8	3
_ghg_mea_b	8.33	0.28	-2.74	-2.57	-1.87	-0.51	0.71	1.88	2.65	4.74	6.7	6.81	9.49	13.36
_glg_mea_b	63.61	53.61	50.74	50.64	51.19	52.89	54.6	55.55	56.7	58.76	61.07	61.47	64.3	69.11
_gvg_mea_b	14.87	11.03	9.59	10.46	13.25	14.21	15.2	14.35	15.23	16.77	19	18.72	19.54	21.89
_nh4_mea_b	8.22	7.77	7.96	7.93	7.54	7.47	7.55	7.54	7.65	7.73	7.38	7.38	7.4	7.31
_no3_mea_b	6.43	5.55	5.73	6.14	6.63	6.18	5.84	5.7	5.87	6.64	6.23	6	4.76	3.75
_nto_mea_b	4329.98	4681.96	4999.02	5077.6	5113.42	4957.49	5005.53	4893.81	5016.15	4919.8	4674.68	4695.65	0	4590.65
_phh_mea_b	5.75	5.84	5.76	5.76	5.87	5.85	5.79	5.77	5.72	5.71	5.8	5.77	5.69	5.64
_phk_mea_b	4.97	5.05	5.01	5.01	5.13	5.1	5.05	5.03	4.98	4.99	5.09	5.06	4.95	4.93
_voc_mea_b	34.39	37.57	40.05	40.38	40.25	39.64	39.96	39.07	39.18	38.68	37.86	37.94	38.21	37.01
_c_n_mea_b	15.54	15.01	15.03	14.98	14.56	14.59	14.65	14.8	14.92	15.09	14.76	14.81	14.79	15.08

BIJLAGE 9 – TRANSECTKARTERING

2012

Transect 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Gridcelnr en afstand (mtr)	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	30-32	32-34	34-36	36-38	38-40	40-42	42-44	44-46	46-48	48-50
Sphagnum compactum	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum cuspidatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	55	75	95	35	1	1	1	1
Sphagnum denticulatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fimbriatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum magellanicum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	25	5
Sphagnum molle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum papillosum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	3	0	0	5	3	3	15	3
Sphagnum fallax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Sphagnum tenellum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	7	1

Transect 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Gridcelnr en afstand (mtr)	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	30-32	32-34	34-36	36-38	38-40	40-42	42-44	44-46	46-48	48-50
Sphagnum compactum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum cuspidatum	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum denticulatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fimbriatum	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	0
Sphagnum magellanicum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum molle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum papillosum	0	0	1	0	1	0	1	3	5	35	75	3	45	35	25	75	85	55	65	15	7	7	9	1	3
Sphagnum fallax	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	3	1	1	0	1	1	1	3	1	5	7	15	3	75	9
Sphagnum tenellum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Transect 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Gridcelnr en afstand (mtr)	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24		0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24
Sphagnum compactum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Sphagnum cuspidatum	95	85	85	85	85	95	95	95	85	85	55	15		55	85	85	55	65	75	85	75	75	85	75	15
Sphagnum denticulatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fimbriatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum magellanicum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum molle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum papillosum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		25	5	9	35	25	15	1	1	0	0	0	0
Sphagnum fallax	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum tenellum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Transect 4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Gridcelnr en afstand (mtr)	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	30-32	32-34	34-36	36-38	38-40	40-42	42-44	44-46	46-48	48-50
Sphagnum compactum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Sphagnum cuspidatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum denticulatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fimbriatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum magellanicum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum molle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum papillosum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fallax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum tenellum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Transect 5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Gridcelnr en afstand (mtr)	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	30-32	32-34	34-36	36-38	38-40	40-42	42-44	44-46	46-48	48-50
Sphagnum compactum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum cuspidatum	0	0	3	9	1	5	7	7	25	25	45	75	35	9	35	25	15	45	35	25	7	25	45	35	9
Sphagnum denticulatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fimbriatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum magellanicum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum molle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum papillosum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fallax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
Sphagnum tenellum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0

Transect 6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Gridcelnr en afstand (mtr)	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	30-32	32-34	34-36	36-38	38-40	40-42	42-44	44-46	46-48	48-50
Sphagnum compactum	1	0	1	0	0	0	0	1	3	7	1	1	1	3	0	3	5	15	5	1	5	7	1	0	0
Sphagnum cuspidatum	9	5	15	5	3	0	1	1	1	1	25	15	3	0	0	0	0	5	25	25	25	25	35	0	0
Sphagnum denticulatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fimbriatum	3	3	1	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum magellanicum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum molle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum papillosum	0	1	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fallax	25	9	5	35	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Sphagnum tenellum	0	0	0	0	0	0	3	7	5	1	1	1	0	0	0	0	0	1	7	7	3	1	1	0	0

Transect 7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Gridcelnr en afstand (mtr)	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	30-32	32-34	34-36	36-38	38-40	40-42	42-44	44-46	46-48	48-50
Sphagnum compactum	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum cuspidatum	0	0	0	0	0	3	0	1	25	25	1	1	15	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	25	25
Sphagnum denticulatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Sphagnum fimbriatum	0	0	0	0	0	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Sphagnum magellanicum	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	35	15	3	35	45	5	5	0	0	0	0
Sphagnum molle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	35	3	0	1	0	0	0	0	0
Sphagnum papillosum	0	0	0	0	0	1	0	3	3	0	0	5	0	1	3	15	0	0	3	9	1	0	0	0	45
Sphagnum fallax	0	0	0	0	0	3	0	7	7	1	25	5	3	7	1	9	9	1	7	45	25	9	3	15	15
Sphagnum tenellum	0	0	0	0	0	0	1	1	9	55	7	5	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2019

Transect 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Gridcelnr en afstand (mtr)	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	30-32	32-34	34-36	36-38	38-40	40-42	42-44	44-46	46-48	48-50
Sphagnum compactum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	3
Sphagnum cuspidatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	65	95	15	0	0	0	0
Sphagnum denticulatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fimbriatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum magellanicum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	9	3
Sphagnum molle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum papillosum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	25	2	2	35	0
Sphagnum fallax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum tenellum	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	2	0

Transect 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Gridcelnr en afstand (mtr)	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	30-32	32-34	34-36	36-38	38-40	40-42	42-44	44-46	46-48	48-50
Sphagnum compactum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum cuspidatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum denticulatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fimbriatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum magellanicum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum molle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum papillosum	0	0	0	0	0	0	0	3	0	9	40	7	7	15	15	30	20	3	60	15	7	7	9	10	15
Sphagnum fallax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	1	0	1	2	1	2	2	15	15
Sphagnum tenellum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Transect 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Gridcelnr en afstand (mtr)	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24		0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24
Sphagnum compactum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum cuspidatum	25	35	75	75	85	85	85	95	95	85	85	85		75	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum denticulatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fimbriatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum magellanicum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum molle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum papillosum	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fallax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum tenellum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Transect 4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Gridcelnr en afstand (mtr)	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	30-32	32-34	34-36	36-38	38-40	40-42	42-44	44-46	46-48	48-50
Sphagnum compactum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum cuspidatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum denticulatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fimbriatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum magellanicum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum molle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum papillosum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fallax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum tenellum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Transect 5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Gridcelnr en afstand (mtr)	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	30-32	32-34	34-36	36-38	38-40	40-42	42-44	44-46	46-48	48-50
Sphagnum compactum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum cuspidatum	0	1	9	9	1	2	2	1	25	25	25	15	9	9	15	25	25	9	15	7	5	2	3	3	3
Sphagnum denticulatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fimbriatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum magellanicum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum molle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum papillosum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fallax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Sphagnum tenellum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0

Transect 6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Gridcelnr en afstand (mtr)	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	30-32	32-34	34-36	36-38	38-40	40-42	42-44	44-46	46-48	48-50
Sphagnum compactum	0	0	1	5	15	2	2	9	35	15	0	15	2	0	2	3	15	15	25	3	0	0	0	0	0
Sphagnum cuspidatum	0	0	15	35	35	45	25	9	0	0	0	2	15	9	9	2	25	15	35	0	15	75	45	75	45
Sphagnum denticulatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fimbriatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum magellanicum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum molle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum papillosum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	45	3	0
Sphagnum fallax	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum tenellum	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Transect 7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Gridcelnr en afstand (mtr)	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	30-32	32-34	34-36	36-38	38-40	40-42	42-44	44-46	46-48	48-50
Sphagnum compactum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum cuspidatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum denticulatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fimbriatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum magellanicum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum molle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum papillosum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fallax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum tenellum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BIJLAGE 10 – SIMULATIES SPRINGENDAL

SPR1
Peilbuis SPR1 staat op het laagstgelegen punt in het beekdal langs de beek. Deze peilbuis staat tevens naast een bron. Voor peilbuis SPR1 is niet mogelijk om een gepaste simulatie uit te voeren in Menyanthes. De simulaties wijken te sterk af van de randvoorwaarden, en daarmee van de gemeten grondwaterstanden. Het tijdreeksmodel geeft een onbetrouwbare verklaring voor het grondwaterstandsverloop (EVP <70%) o.b.v. de neerslag en verdamping, hierdoor is deze niet bruikbaar voor verdere analyse. In figuur 64 is de gemeten grondwaterstand weergegeven. Hierin staan filter 1, 2 en 3. Filter 1 is het freatisch grondwater, hier zie je aftoppingen van de pieken zodra deze het maaiveld bereiken waarbij afvoer over maaiveld plaats vindt. Filter 2 en 3 is de stijghoogte in de peilbuis. Door het verschil in stijghoogte van filter 1 t.o.v. filter 2 en 3 is te zien dat er altijd sprake is van opwaartse grondwaterstroming (kwel) in dit meetpunt.

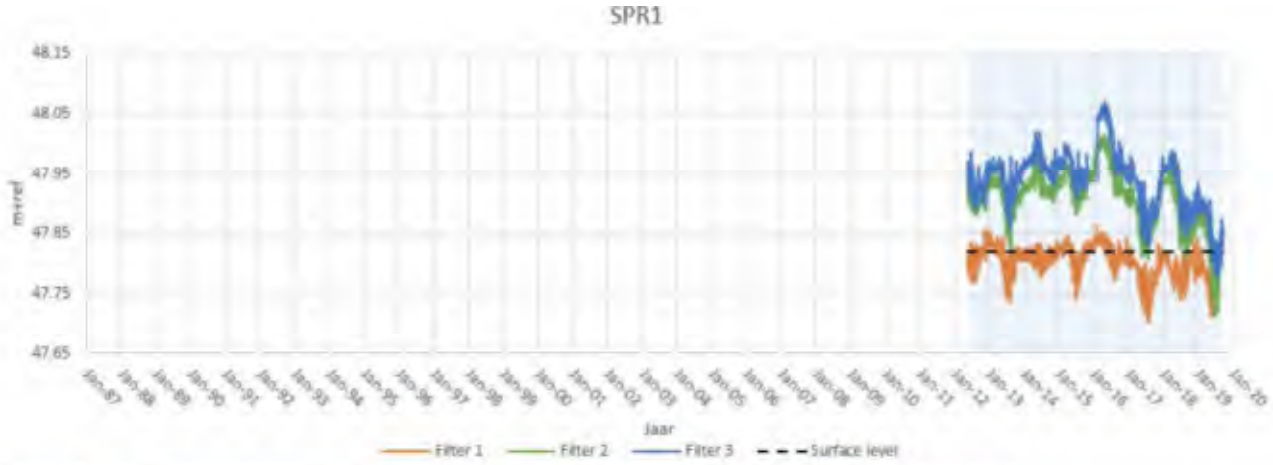
De grondwaterstanden in filter 1 laten zien dat er vanaf 2017 een daling plaats vindt in de grondwaterstand. In het jaar 2017 is hier de grondwaterstand dusdanig diep weggezakt dat hier geen afvoer van grondwater over maaiveld plaats vindt. Waarna in begin 2018 geen herstel plaats vindt van de grondwaterstand en gedurende 2018 de grondwaterstand ook lange tijd niet tot het maaiveld komt. Begin 2019 is er weer afvoer van grondwater over maaiveld maar deze zakt in de loop van het jaar enorm snel en vrij diep weg. Dit resulteert in het (vrijwel) niet voorkomen van grondwaterafvoer aan maaiveld vanaf 2017.
In de grondwaterstandsmetingen van filter 2 en 3 is te zien dat er altijd kwel aanwezig is in deze peilbuis. Vanaf 2017 is er sprake van een sterke daling van de stijghoogte. De stijghoogte reageert sterker op de natte- en droge perioden dan het freatisch grondwater (filter 1). Het stijghoogteverschil zorgt er normaal gesproken voor dat de bronnen altijd water afvoeren. Echter vanaf 2017 komt het freatisch grondwater bijna niet aan maaiveld, waardoor de bron niet of nauwelijks nog water afvoert.

SPR2
Peilbuis SPR2 staat in het beekdal langs de beek. De simulaties in de peilbuis staan ver onder maaiveld omdat de peilbuis hoger in de gradiënt van het beekdal staat. In vergelijking met de grondwaterstanden dichter bij de beek, vertonen de grondwaterstanden in deze peilbuis sterkere fluctuaties (figuur 65). In filter 1 zijn de fluctuaties het sterkst, filter 2 fluctueert minder sterk. De fluctuaties van de grondwaterstanden maken de periodes met grote neerslagoverschotten duidelijk kenbaar (1993 t/m 1995 en rond 1999). De periodes met aanzienlijk neerslagtekort is minder kenbaar maar in 2018-2019 is de daling van de grondwaterstand sterker dan normaal.

De sterkere fluctuaties van de grondwaterstand laten zien dat deze locatie minder onder invloed staat van het beeksysteem. Ook is te zien dat op deze locatie in de (natte) winterperiode sprake is van infiltratie en in de (drogere) zomerperiode hier sprake is van kwel in de ondergrond.

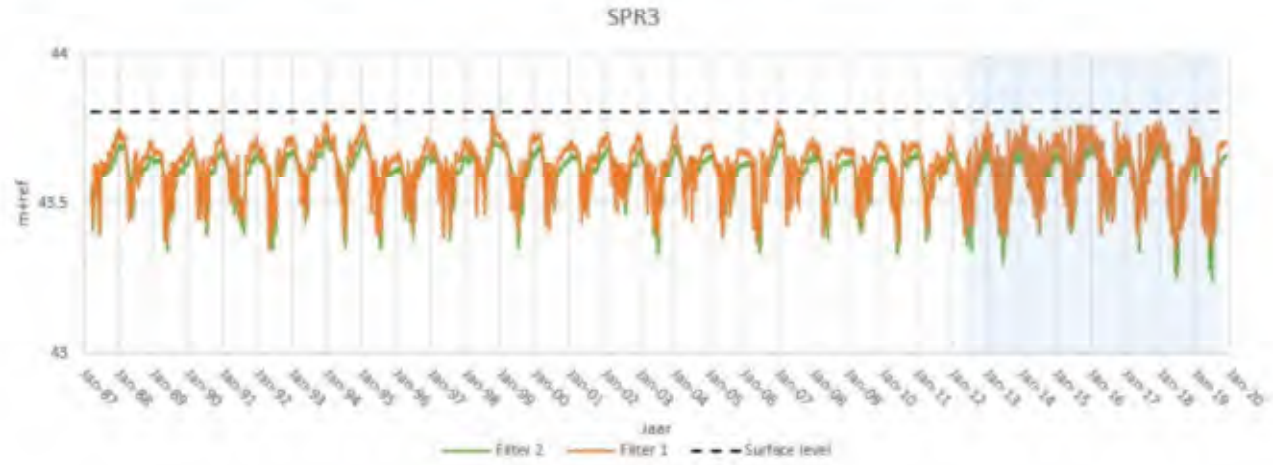
SPR3
Peilbuis SPR3 staat op het punt waar de noordelijke- en zuidelijke beektak samenkomen (figuur).
In figuur 66 staat de grafiek van de simulatie van peilbuis B28F1439. In de simulatie is te zien dat er op dit punt duidelijke grondwaterfluctuaties zijn. De grafiek vertoont aftoppingen in de natte perioden, dit geldt voor filter 1 en 2. De aftoppingen in de grafiek laten zien dat er afvoer van water aanwezig is. Het afvoerniveau wordt bepaald door het lagergelegen beekpeil. In de droge perioden zakt het water weg tot het beekpeil. De droge periodes van 2018 en 2019 zijn hier ook in zichtbaar. De waterstand zakt hier dieper weg dan in een gemiddeld jaar door het neerslagtekort en een lager beekpeil.

De stijghoogte in filter 2 zit vrijwel altijd onder het freatisch grondwater in filter 1. Dit duidt op infiltratie op deze locatie. Deze buis staat dicht bij de beek waardoor de beek hier het grondwater draineert waarbij geen kwel maar infiltratie plaats vindt.



Figuur 64: Grondwaterstandsmetingen van peilbuis SPR1 met filter 1, 2 en 3 in de periode van 2012-2020.

Figuur 65: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis SPR2 van 1987-2020. Hierin is filter 1 en filter 2 getoond.



Figuur 66: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis SPR3 van 1987-2020. Hierin is filter 1 en filter 2 getoond.

SPR4

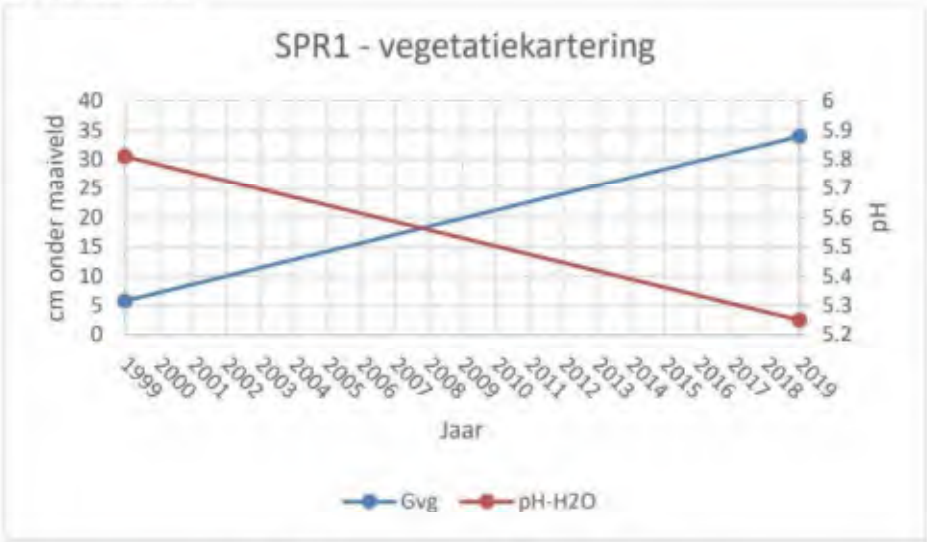
Peilbuis SPR4 staat op het laagste punt in het beekdal, langs de beek. Deze peilbuis staat verder benedenstrooms. Voor Menyanthes is het onmogelijk om voor de meetgegevens van peilbuis SPR4 een gepaste simulatie te maken. De simulaties wijken te sterk af van de gemeten grondwaterstanden. Dit komt doordat er een uitzonderlijke verandering in de grondwaterstand heeft plaats gevonden vanaf ca. 2016. Dit is het gevolg van de uitgevoerde herstelmaatregelen (beekbodemophoging d.m.v. zandsuppletie) eind 2015. Om toch een beeld te krijgen van de situatie in deze peilbuis is de meetreeks opgedeeld in twee stukken. In de grafiek in figuur 67 is te zien waar de reeks is opgedeeld. In Menyanthes zijn van filter 1 en 2 van voor- en na de effecten van de maatregelen een simulatie gemaakt. Te zien is dat na de beekbodemophoging de stijghoogte enorm is gestegen, ook de freatische grondwaterstand is gestegen.

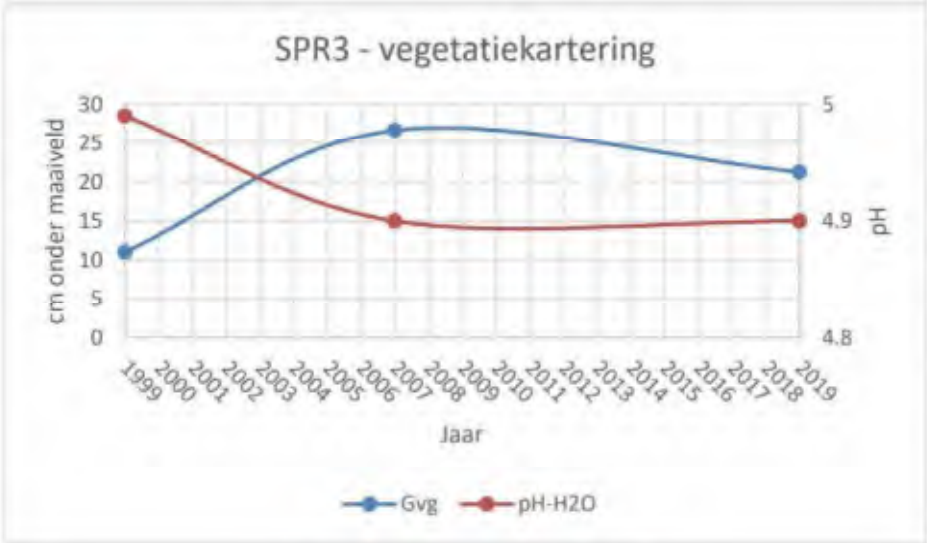
Door de beekbodemophoging is er een toename van de stijghoogte. Waarbij voor de maatregel sprake was van verdroging en verzuring door infiltratie, is er nu sprake van sterke overdruk (kwel). Hier is heel goed te zien wat het effect van de maatregelen is geweest op het grondwaterstandsverloop. Het grondwatersysteem is stabieler geworden, de stijghoogte vertoont minder extreme fluctuaties. Door de maatregel reageren de grondwaterstanden minder sterk op extreme droogte (2018 en 2019) en blijft de grondwaterstand hoger dan voor de beekbodemophoging.

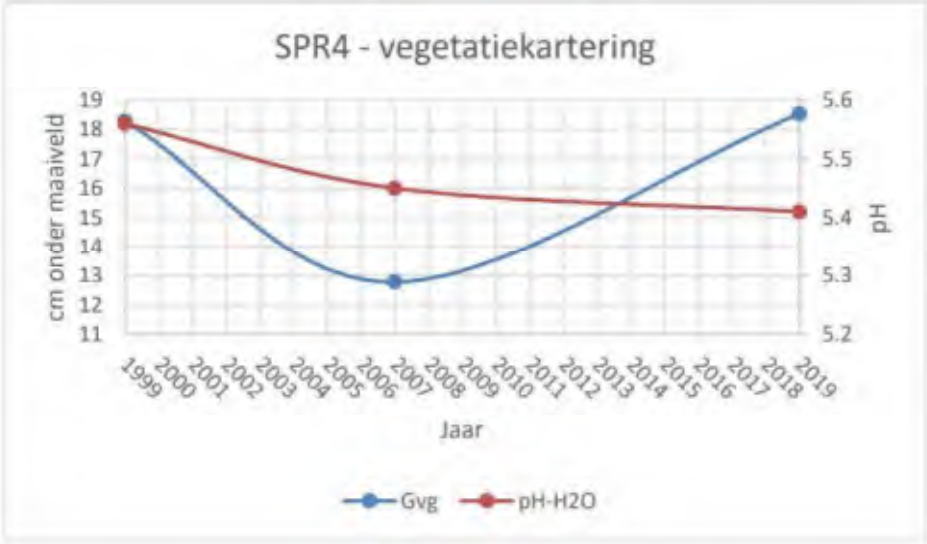
Figuur 67: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis SPR4 van 1987-2020. De simulaties zijn opgedeeld in een reeks voor de herstelmaatregelen en een reeks na de herstelmaatregelen. Hierin is filter 1 en filter 2 getoond.

BIJLAGE 11 – KAARTVLAKINFORMATIE PEILBUISLOCATIES SPRINGENDAL

SPRINGENDAL







BIJLAGE 12 – SIMULATIES LEMSELERMATEN

In de Lemselermaten zijn voldoende peilbuizen aanwezig om het systeem-functioneren in beeld te brengen. Als eerste zijn hieronder de peilbuizen beschreven uit de dwarsdoorsnede. Daarna is een korte samenvatting van de overige simulaties van de Lemselermaten.

DWARSDOORSNEDE

LEM1
Peilbuis LEM1 staat op het meest noordelijke punt, net buiten het natuurgebied op de beekdalflank in het grasland. De simulatie van peilbuis LEM1 vertoont grote fluctuaties (figuur 68). In de grafiek is in filter 1 de freatische grondwaterstand- en in filter 2 de stijghoogte zichtbaar. De grafiek vertoont in beide filters aftoppingen. Hierdoor zijn de natte periodes minder herkenbaar. De droge periodes zijn herkenbaar aan de snel, diep wegzakkende grondwaterstanden. Extreem droge periodes kenmerken zich door snel, diep en langdurig wegzakkende grondwaterstanden ((winter) 1996, 2003, 2018 en 2019).

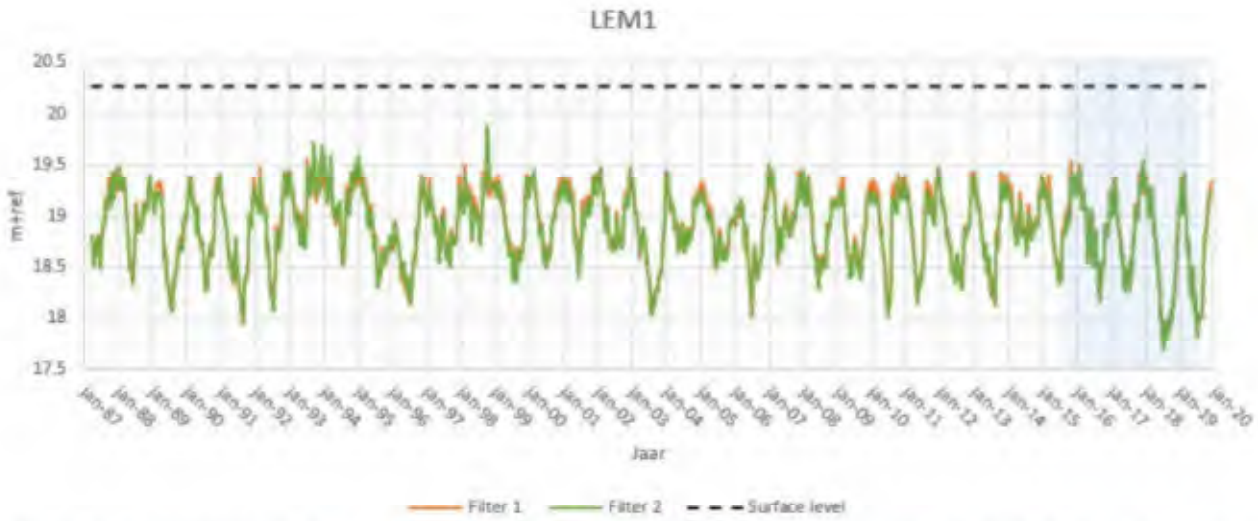
Hier is te zien aan het stijghoogteverschil van filter 1 t.o.v. filter 2 dat op deze locatie wegzijging plaats vindt. Beide filters vertonen al aftoppingen onder maaiveld. Dit wordt veroorzaakt doordat het grondwater al onder maaiveld wordt afgevangen door een nabijgelegen sterk drainerende sloot.

LEM2
Peilbuis LEM2 staat ten noorden van het natuurgebied in het broekbos laaggelegen in de gradiënt van het beekdal. De simulatie van peilbuis LEM2 vertoont grote fluctuaties (figuur 70). In de simulatie is het freatisch grondwater weergegeven in filter 1 en de stijghoogte weergegeven in filter 3. In filter 1 zowel als in filter 3 worden de grondwaterstanden afgetopt. Dit betekent dat er grondwater wordt afgevoerd over maaiveld. Door de aftoppingen zijn de natte winterperiodes minder duidelijk zichtbaar. Wel is zichtbaar dat de aftopping in natte periodes langdurig aanhoudt. De droge zomerperiodes zijn wel duidelijk herkenbaar door snel, diep wegzakkende grondwaterstanden. Extreem droge periodes worden geduid door snel, diep en langdurig wegzakkende grondwaterstanden ((winter) 1996, 2003, 2006, 2018 en 2019).

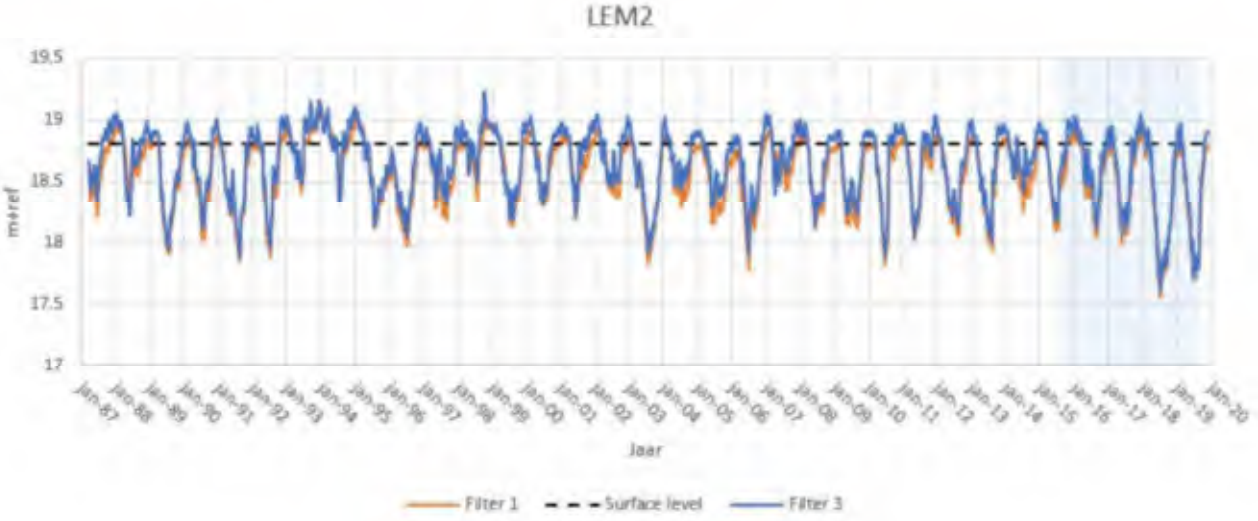
Op deze locatie is er gedurende de natte- en droge periodes sprake van overdruk (kwel). Niet duidelijk is hoe groot het stijghoogteverschil is omdat ook filter 3 aftoppingen vertoont. In extreem droge periodes neemt de stijghoogte, net als het freatisch grondwater, sterk af waardoor de overdruk verminderd wordt (2018 en 2019). Wanneer de grondwaterstand niet hersteld van de droogte, door het neerslagoverschot, is er in de winter sprake van kortstondige overdruk (winter- 1996 en 2019). Deze peilbuis wordt sterk beïnvloed door de sterk drainerende Weerselerbeek. Ondanks dat is de overdruk zo groot dat er nog steeds kwel optreedt op deze locatie. Dat komt doordat de peilbuis zich bevindt op een locatie waar het watervoerende pakket sterk vernauwd wordt (Bell & van 't Hullenaar, 2015).

LEM3
Peilbuis LEM3 staat in het 'Westelijk' maatje, in de kern van het natuurgebied, in een laagte van het beekdal. Evenals beschreven in voorgaande peilbuizen, vertoont ook peilbuis LEM3 sterke fluctuaties in de simulatie (figuur 70). In de grafiek is in filter 1 het freatisch grondwater- en in filter 2 de stijghoogte gevisualiseerd. In filter 1 zijn aftoppingen van de grondwaterstand aanwezig, dit duidt op oppervlakkige afvoer van grondwater en inundatie van de lagergelegen delen. In filter 2 is het stijghoogteverschil t.o.v. filter 1 verschillend over de gehele periode. De natte winterperiodes vertonen aftoppingen in de grondwaterstanden in filter 1. In filter 2 zijn de natte winterperiodes in een gemiddelde periode ongeveer gelijk, in extreem natte periodes vertonen deze aanzienlijke stijghoogteverschillen (1993-1995 en 1999). In droge periodes zakken de grondwaterstanden snel en diep uit. Tijdens extreem droge periodes zakt hierbij de grondwaterstand snel, diep en langdurig weg (2003, 2006, 2018 en 2019), waarbij ook de stijghoogte (filter 2) dieper wegzakt dan het freatisch grondwater (filter 1).

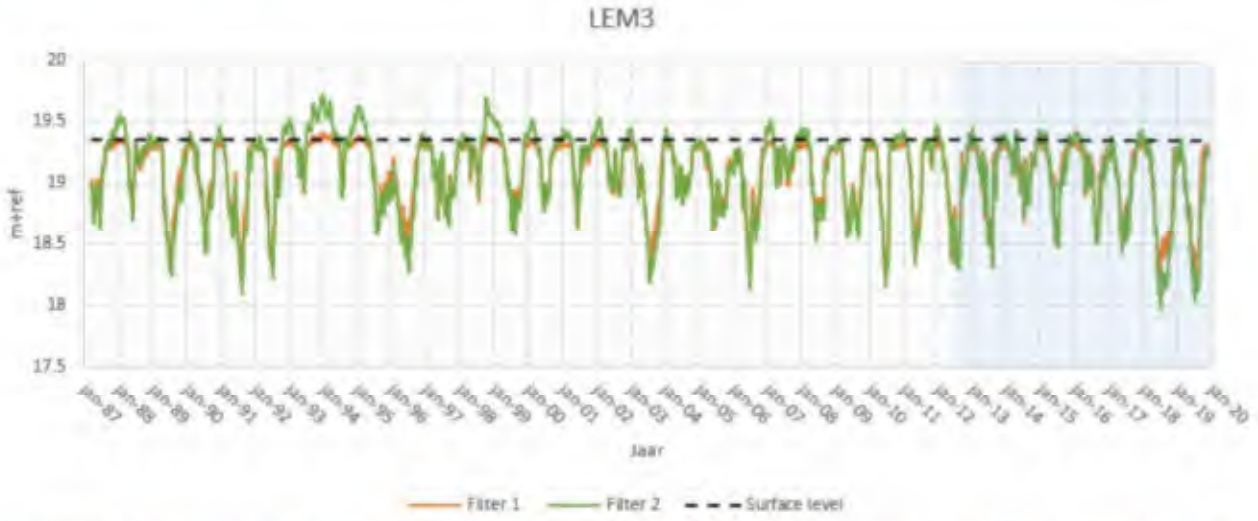
In de natte periodes is er vrijwel altijd sprake van overdruk. Dit is in de extreem natte periodes (1993-1995 en 1999) duidelijk zichtbaar. In de droge perioden lijkt er echter sprake te zijn van wegzijging. Dit is vooral in de (extreem) droge periodes ((winter- en zomer) 1996, 2003, 2018 en 2019) te zien. Zelfs in de winter van 2018 op 2019 zijn de grondwaterstanden en overdruk hier nog niet hersteld en is er in de winterperiode sprake van wegzijging.



Figuur 68: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis LEM1 van 1987-2020. Hierin is het freatisch grondwater zichtbaar in filter 1 en de stijghoogte in filter 2.



Figuur 69: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis LEM2 van 1987-2020. Hierin is het freatisch grondwater zichtbaar in filter 1 en de stijghoogte in filter 3.



Figuur 70: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis LEM3 van 1987-2020. Hierin is het freatisch grondwater zichtbaar in filter 1 en de stijghoogte in filter 2.

LEM4
Peilbuis LEM4 staat op een dekzandrug in de laaggelegen maatjes centraal gelegen in het natuurgebied. De simulatie van peilbuis LEM4 vertoont grote fluctuaties (figuur 71). Doordat deze locatie op een dekzandrug staat is de grondwaterstand verder onder maaiveld. In de grafiek is het freatisch grondwater getoond in filter 1 en in filter 2 en 3 is de stijghoogte zichtbaar. Alle filters vertonen aftoppingen in de grafiek. Natte winterperiodes zijn niet duidelijk zichtbaar hierdoor. Droge zomerperiodes zijn wel duidelijk zichtbaar, hier zakt de grondwaterstand snel en diep weg. In extreem droge periodes zakt de grondwaterstand snel, diep en langdurig weg ((1989, 1991) (winter) 1996, 2003, 2006, 2018 en 2019)

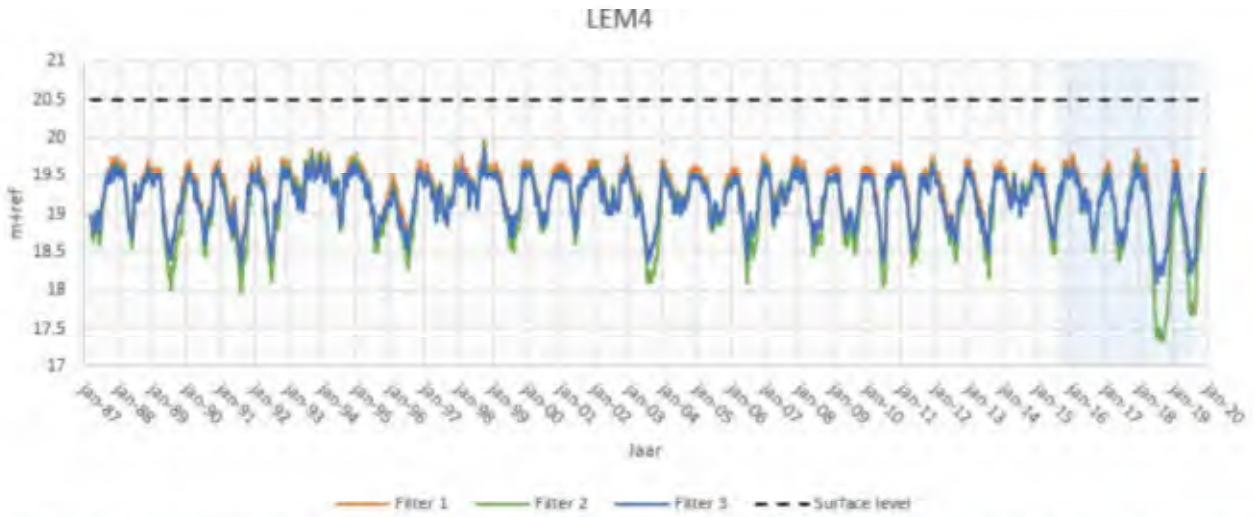
Alle filterdieptes vertonen aftoppingen al onder het maaiveld. Dit wordt veroorzaakt doordat deze locatie op een dekzandrug op de flank van de geïnundeerde laagte in de nabijheid van een sloot. De grondwaterstand wordt hier beïnvloed door het drainageniveau van de geïnundeerde laagte en de sloot. Het verschil in stijghoogte vertoont kenmerkend wegzijging, filter 1 heeft hogere grondwaterstanden dan filter 2 en 3. Opvallend is dat de grondwaterstanden in filter 2 tijdens (extreem) droge jaren dieper, en soms extreem diep (2018 en 2019), wegzakt in vergelijking met de grondwaterstanden in filter 3. De filterdiepte van filter 2 is geplaatst op een diepte van 17,7m. De andere filters, filter 1 en filter 3, zijn geplaatst op een diepte van 4,7m en 25,9m. De sterke wegzijging bij filter 2, vooral gedurende de meteorologisch droge perioden, wijst op onttrekking van grondwater in dit watervoerende pakket.

LEM5
Peilbuis LEM5 staat centraal gelegen in het natuurgebied, in het broekbos in een laaggelegen gedeelte van het beekdal. De simulatie van peilbuis LEM5 laat grote fluctuaties zien (figuur 72). In de grafiek zijn in filter 1 de freatische grondwaterstanden zichtbaar en in filter 2 is de stijghoogte weergegeven. Beide filters vertonen aftoppingen in de natte winterperiodes. Er is sprake van afvoer van grondwater over maaiveld. De reden dat filter 2 ook aftoppingen vertoont wordt veroorzaakt doordat hier de bovenkant peilbuis overloopt (peilbuis is te kort). De natte periodes zijn niet optimaal zichtbaar, maar zijn te herkennen aan de langdurige aftoppingen. De droge periodes zijn herkenbaar aan het snel en diep wegzakkende grondwater. In extreem droge periodes zakt de grondwaterstand snel, diep en langdurig weg ((winter) 1996, 2003, 2006, 2018 en 2019).

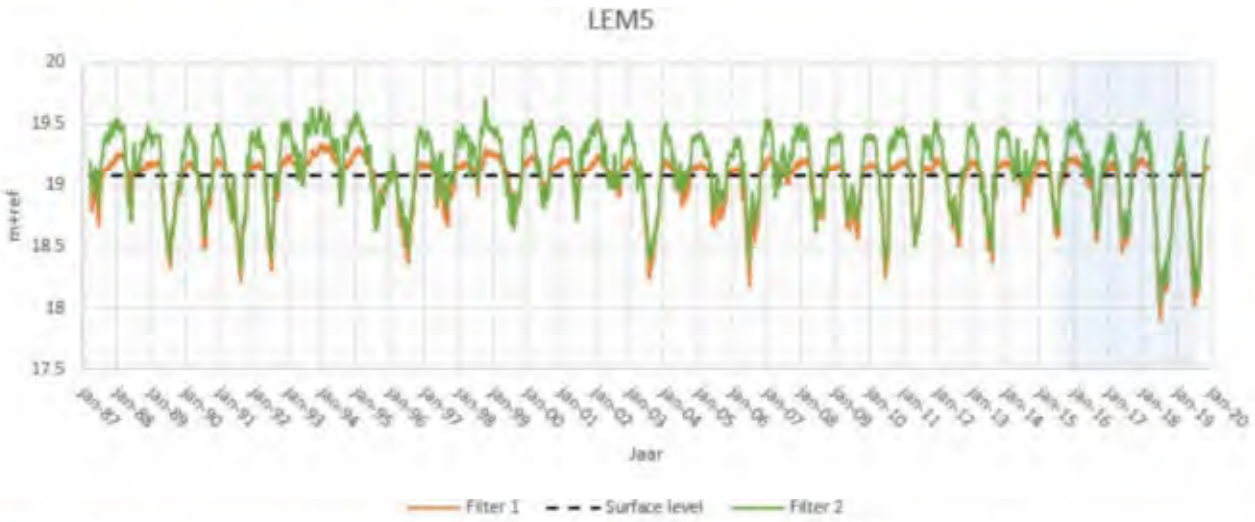
Op deze locatie is de overdruk (gedurende de natte periodes) zo groot dat de peilbuis dus overstroomt waardoor het daadwerkelijke stijghoogteverschil niet zichtbaar is (door de aftoppingen). Gedurende de hele periode is hier altijd sprake van overdruk, ook in de droge periodes. In extreem droge periodes (o.a. 2003, 2018 en 2019) zakt de grondwaterstand erg diep weg waarbij de overdruk afneemt, maar aanwezig blijft. Wanneer het grondwater niet hersteld door het neerslagoverschot in de winter is de overdruk kortstondig aanwezig (winter- 1996 en 2019).

LEM6
Peilbuis LEM6 staat ten zuiden van de Lemselermaten, buiten het gebied. De peilbuis staat hoger gelegen in het landschap, nabij een sloot in het landbouwgebied. De simulatie van deze peilbuis is zichtbaar in figuur 73. De simulatie vertoont sterke fluctuaties van de grondwaterstanden. In de grafiek is in filter 1 het freatisch grondwater zichtbaar en in filter 3 de stijghoogte. In filter 1 is te zien dat er aftoppingen al onder maaiveld zijn. In de periode van 2018 en 2019 zakt de grondwaterstand dieper en langer weg dan daarvoor is te zien. Ook in 2003 zakt de grondwaterstand vrij diep weg en in de winter van winter van 1995-1996 is de grondwaterstand erg laag.

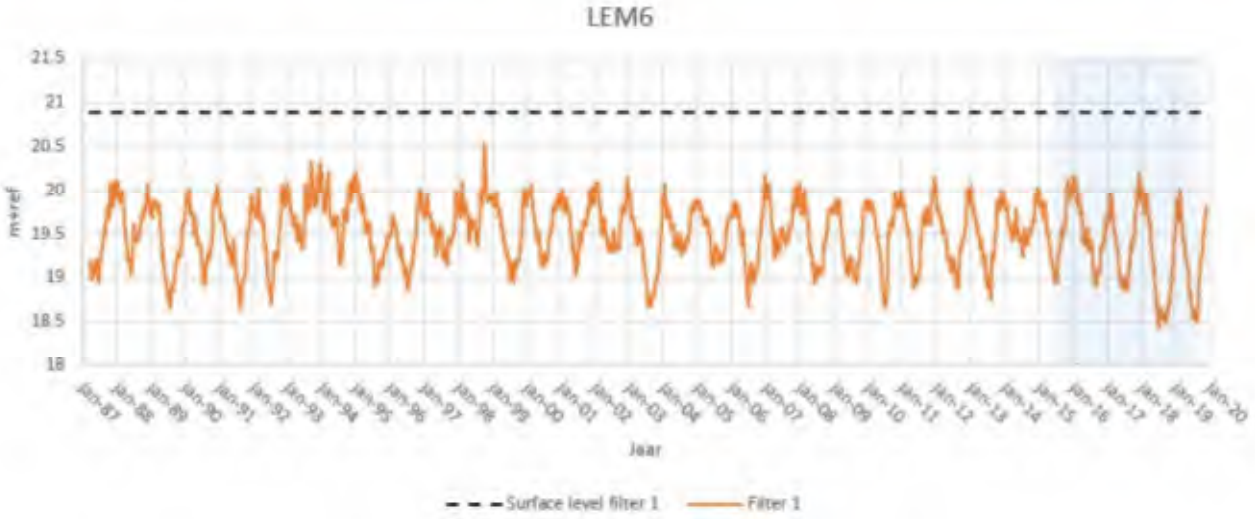
De aftoppingen worden veroorzaakt door de invloed van de nabijgelegen sloot. Deze sloot vang het water af voordat het bij het maaiveld kan komen. Het afvoerniveau wordt bepaald door het peilbeheer van de omliggende landbouwgronden.



Figuur 71: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis LEM4 van 1987-2020. Hierin is het freatisch grondwater zichtbaar in filter 1 en de stijghoogte in filter 2 en 3.



Figuur 72: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis LEM5 van 1987-2020. Hierin is het freatisch grondwater zichtbaar in filter 1 en de stijghoogte in filter 2.



Figuur 73: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis LEM6 van 1987-2020. Hierin is het freatisch grondwater zichtbaar in filter 1.

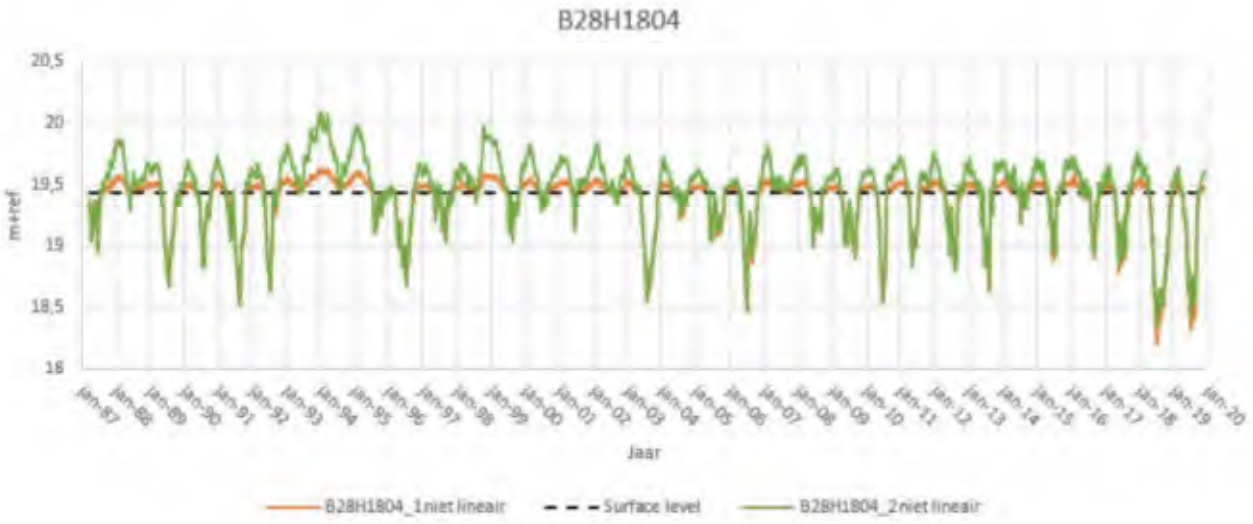
OVERIGE SIMULATIES

Hieronder is op de luchtfoto te zien waar de andere peilbuizen staan met de NITG-code. Daarna zijn de simulaties te zien van deze peilbuizen met daarbij een toelichting van wat zichtbaar is in de simulaties.

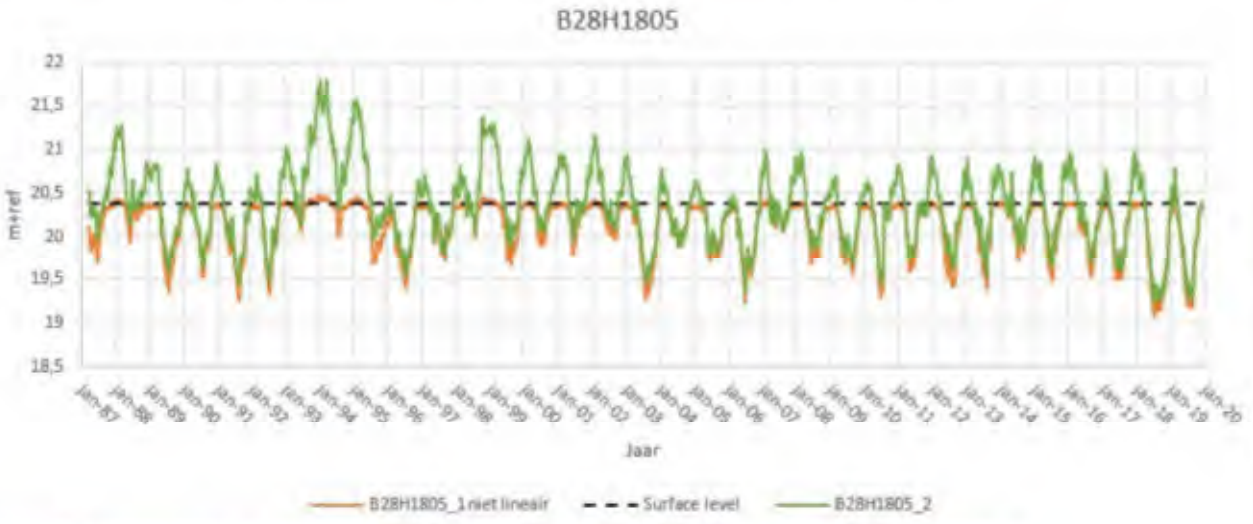
Figuur 74: Luchtfoto van alle peilbuizen met de NITG-code in de Lemselermaten.

De peilbuizen in de Lemselermaten die niet in de dwarsdoorsnede zitten staan in figuur 75 t/m 80. Dit zijn de peilbuizen met NITG-code; B28H1804, B28H1805, B28H1882, B28H1808, B28H1884 en B28H1883. Alle peilbuizen vertonen eenzelfde beeld. Het grondwater in het filter 1 wordt afgetopt waarbij grondwater over maaiveld uittreedt. Alle peilbuizen vertonen sterke overdruk op de locaties in de diepere filters (2 en/of 3). Ook alle peilbuizen vertonen sterke fluctuaties van de grondwaterstanden. In droge periodes zakt het grondwater diep weg. In de droge periode van 2018 en 2019 zakt de grondwaterstand langdurig diep weg. In figuur 78 in peilbuis B28H1808 zorgt dit ervoor dat in de zomer van 2018 wegzijging plaats vindt. In de andere peilbuizen lijkt hier geen sprake van te zien, de overdruk blijft ook aanwezig gedurende droge periodes.

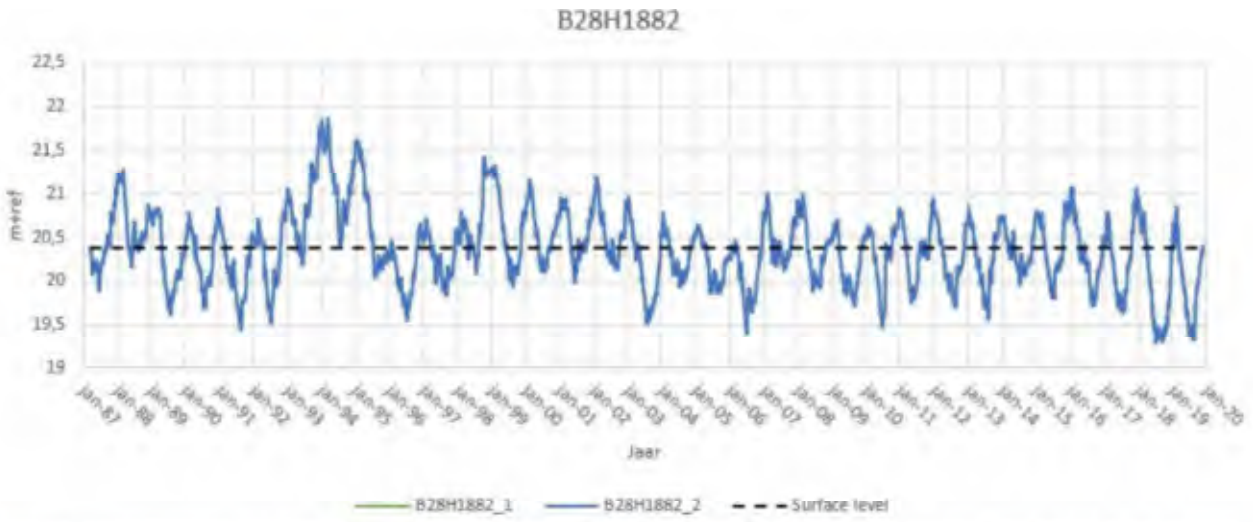
Over het algemeen is er sprake van sterke overdruk gedurende de winterperiode in de peilbuizen. Hierdoor komt er sterke kwel aan maaiveld waarna dit wordt afgevoerd naar de laagtes in het beekdal. De overdruk in de winter van 2018 op 2019 is van korte duur aanwezig en is minder sterk. Hoger op de flanken van het beekdal zijn de fluctuaties groter dan lager in het beekdal, te zien in figuur 76 77 en 78 (peilbuis B28H1805, B28H1882 en B28H1808).



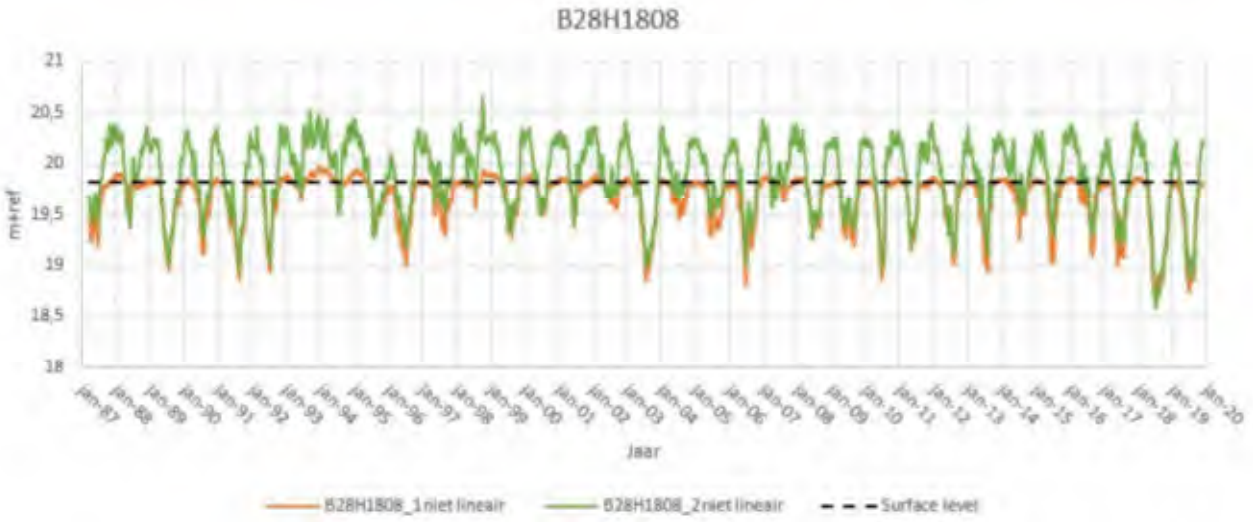
Figuur 75: Tijdreeksmodel van peilbuis B28H1804 over periode 1987-2020. Filter 1 en 2 zijn hier gesimuleerd.



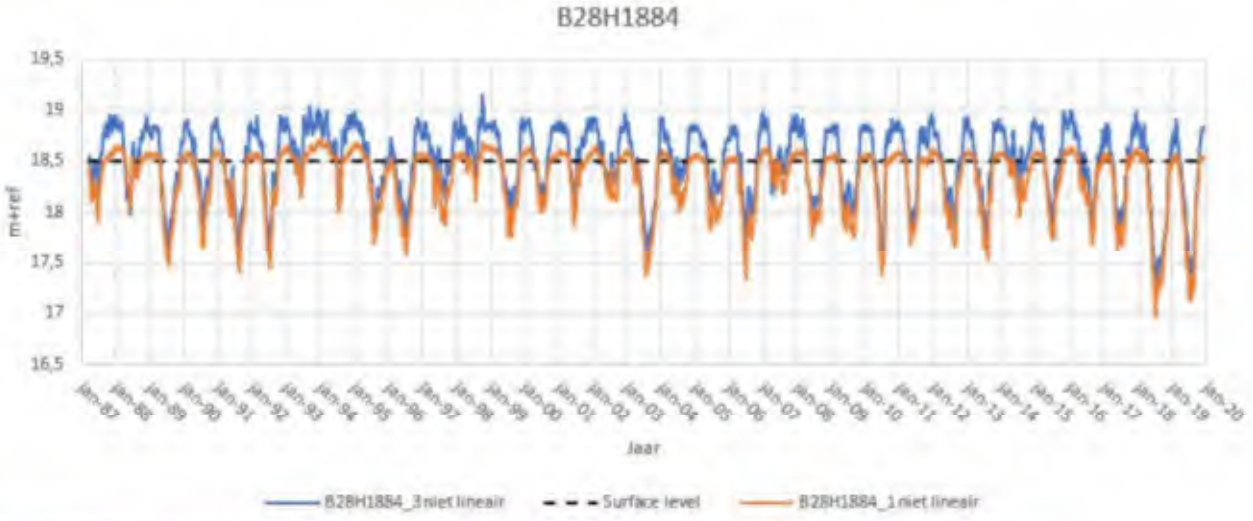
Figuur 76: Tijdreeksmodel van peilbuis B28H1805 over periode 1987-2020. Filter 1 en 2 zijn hier gesimuleerd.



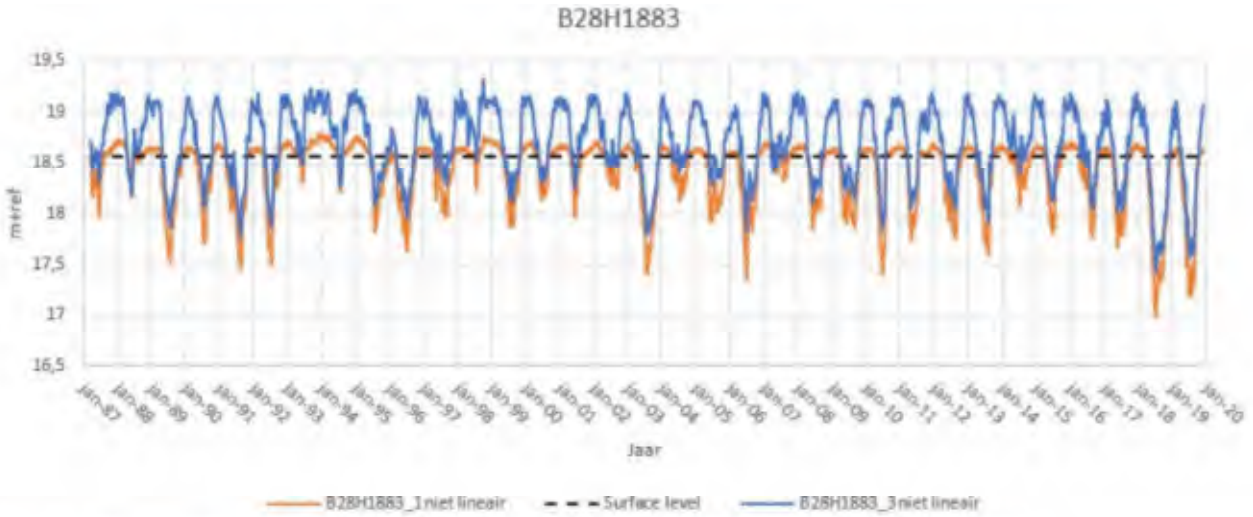
Figuur 77: Tijdreeksmodel van peilbuis B28H1882 over periode 1987-2020. Filter 1 en 2 zijn hier gesimuleerd, dit zijn beide diepere filters.



Figuur 78: Tijdreeksmodel van peilbuis B28H1808 over periode 1987-2020. Filter 1 en 2 zijn hier gesimuleerd.

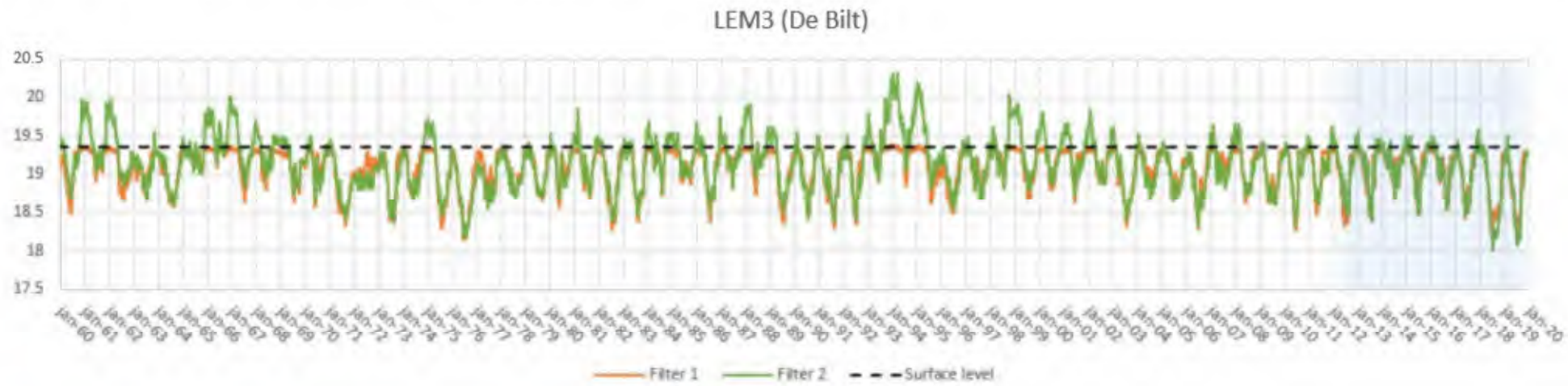


Figuur 79: Tijdreeksmodel van peilbuis B28H1884 over periode 1987-2020. Filter 1 en 3 zijn hier gesimuleerd.



Figuur 80: Tijdreeksmodel van peilbuis B28H1883 over periode 1987-2020. Filter 1 en 3 zijn hier gesimuleerd.

BIJLAGE 13 – SIMULATIE LEM3 O.B.V. DE BILT



Figuur 81: Simulatie peilbuis LEM3 o.b.v. de verdampingsgegevens van het weerstation De Bilt.

BIJLAGE 14 – SIMULATIES PUNTHUIZEN EN STROOTHUIZEN

PUN1

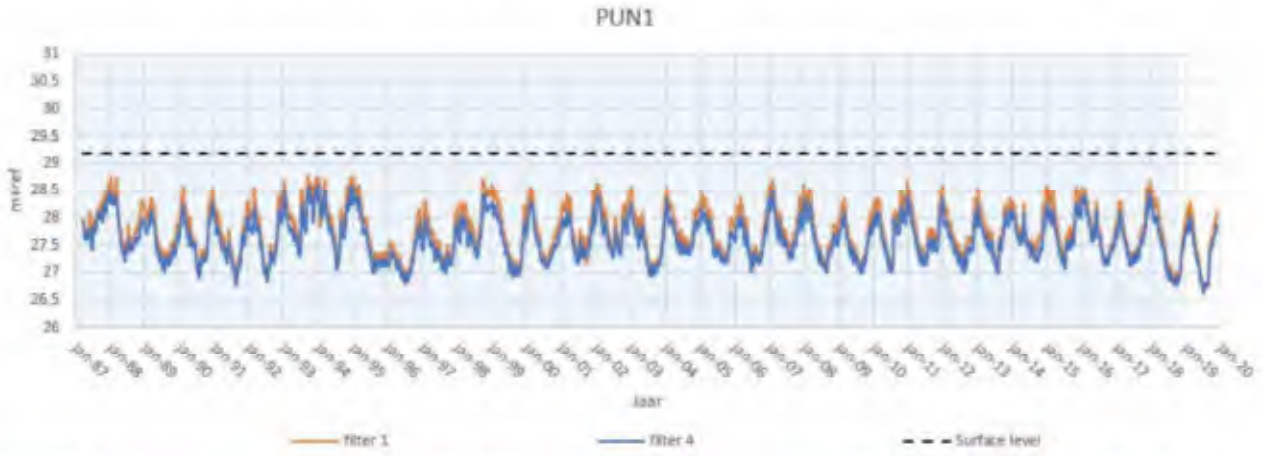
Peilbuis PUN1 staat zuidwestelijk gelegen van Punthuizen buiten het gebied, naast een sloot.
In de simulatie van peilbuis PUN1 is het freatisch grondwater in filter 1 en de stijghoogte in filter 4 gevisualiseerd (figuur 82). De grondwaterstanden van peilbuis PUN1 zijn dieper onder het maaiveld dan binnen het natuurgebied. Er zijn sterke fluctuaties van de grondwaterstand in natte- en droge periodes. Extreem droge periodes zijn herkenbaar aan de snel, diep en langdurig wegzakkende grondwaterstanden ((winter)1996, 2003, 2018 en 2019). De extreem natte winterperiodes zijn niet duidelijk kenbaar doordat de aftoppingen plaats vindt, al onder het maaiveld.

De aftoppingen van de grondwaterstanden, al onder het maaiveld, duidt op afvoer van grondwater. Dit is het gevolg van de naastgelegen sloot. Het afvoerniveau van de sloot zorgt dat het grondwater niet hoger kan komen. Dit betekent dat de naastgelegen sloot een drainerende werking heeft op de omgeving en in dit geval ook daadwerkelijk grondwater afvangt (te zien aan de aftoppingen en het grondwaterniveau).
In de simulatie is de grondwaterstand in het freatisch grondwater (filter 1) en de stijghoogte (filter 4) zichtbaar. Het grondwaterpeil van filter 1 ligt boven het grondwaterpeil van filter 4. Dit betekent dat er geen overdruk aanwezig is en er dus wegzijging plaats vindt. Het water dat hier valt wordt weggevangen door de nabijgelegen sloot.

PUN2

Peilbuis PUN2 staat in Punthuizen centraal gelegen in binnen het gebied, op de randzone van de geïnundeerde laagte. In peilbuis PUN2 wordt het freatisch grondwater gemeten, filter 1. De simulatie van deze grondwaterstanden staat in figuur 83. De grondwaterstanden in peilbuis PUN2 vertonen aftoppingen aan maaiveld in de (natte) winterperioden. Dit betekent dat hier afvoer van grondwater over maaiveld plaats vindt. De grondwaterstanden vertonen grote fluctuaties. In natte periodes reikt het grondwater tot boven maaiveld en in droge periodes zakt het grondwater diep uit. Extreem natte periodes zijn niet duidelijk zichtbaar door de aftoppingen maar zijn te herkennen aan langdurige grondwaterstanden boven maaiveld (1993 t/m 1995 en 1999). Extreem droge periodes zijn snel te herkennen aan snel, diep en langdurig wegzakkende grondwaterstanden onder maaiveld (2003, 2006, 2018 en 2019).

In de simulatie is te zien dat de grondwaterstanden in de zomers diep wegzakken. In de winterperiodes is er sprake van afvoer van grondwater over maaiveld (bijlage 15). Het grondwater bereikt steeds minder langdurig het maaiveld, de inundatieduur vermindert in de winterperiodes. In de periode van 1987 tot 2003 is er vaker sprake van het inunderen op deze locatie en is de inundatieduur langer. Na 2003 vindt er vaker geen inundatie plaats en is de inundatieduur korter als gevolg van verdroging. In droge winters vindt er geen inundatie plaats in de laagtes.



Figuur 82: Simulaties van peilbuis PUN1 van 1987-2020 met het freatisch grondwater in filter 1 en de stijghoogte in filter 4.

Figuur 83: Simulaties van peilbuis PUN2 van 1987-2020. Met het freatisch grondwater in filter 1.

STR1

Peilbuis STR1 staat in de kern van Stroothuizen aan de noordzijde op de rand van de slenk.
De grondwaterstanden op deze locatie vertonen vrij grote fluctuaties maar zijn meer stabiel dan in Punthuizen (figuur 84). De fluctuaties in Stroothuizen zijn minder sterk doordat het gebied lager in het grondwatersysteem ligt, zie hoogtekaart in bijlage 1. In de simulatie is het freatisch grondwater in filter 1 en de stijghoogte in filter 4 gevisualiseerd. Het verschil in stijghoogte van beide filters is vrijwel gelijk maar vertoont een klein verschil over de natte- en droge periodes heen. De grondwaterstanden van beide filters vertonen aftoppingen aan maaiveld in de natte winterperiodes wat duidt op oppervlakkige afvoer van water over maaiveld. In de droge zomerperiode zakt de grondwaterstand snel en diep weg. Extreem natte periodes zijn minder duidelijk zichtbaar. Extreem droge periodes zijn te zien door snel, diep en langdurig wegzakkende grondwaterstanden ((winter) 1996, 2003, 2018 en 2019).

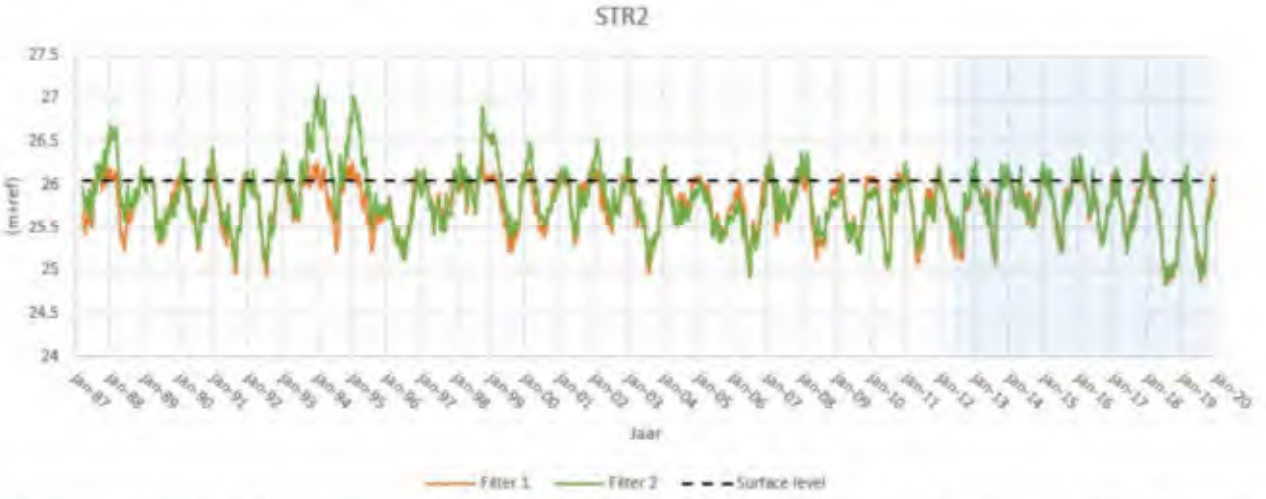
Wanneer de waterstanden boven maaiveld komen, stroomt het water oppervlakkig af over maaiveld via een slenk in het gebied, richting het afvoerpunt aan de Stroothuizerweg. Het afvoerniveau wordt bepaald door een aantal natuurlijke maaiveld drempels in de slenk. Zodra het water boven het niveau van de maaiveld drempel uitkomt, vindt er waterafvoer plaats. Het stijghoogteverschil is verschillend over de natte- en droge periodes heen. Subtiele stijghoogte verschillen zorgen er hiervoor dat er in natte periodes overdruk plaats vindt wat resulteert in kwel in de laagtes, in droge periodes is er juist sprake van wegzijging (zie kweldruk figuur Figuur 25). Te zien is dat in extreem droge jaren het grondwater in beide peilbuizen snel, diep en langdurig wegzakt waarbij in de winterperiodes de overdruk van kortere duur is.

STR2

Peilbuis STR2 staat zuidelijk gelegen nabij de gebiedsgrens van Stroothuizen. Deze peilbuis staat iets hoger in de gradiënt dan peilbuis STR1. De grondwaterstanden op deze locatie vertonen vrij grote fluctuaties maar zijn vergelijkbaar met de grondwaterstanden in peilbuis STR1 (figuur 85). In de simulatie zijn de freatische grondwaterstanden in filter 1 en de stijghoogte in filter 2 gevisualiseerd. Over de verschillende droge- en natte periodes is het stijghoogteverschil verschillend. Natte- en droge periodes zijn duidelijk zichtbaar in deze simulatie door de pieken en dalen in de grafiek. In extreem droge periodes zakt de grondwaterstand snel, diep en langdurig weg ((winter) 1996, 2003, 2018 en 2019). Extreem natte periodes zijn herkenbaar aan de sterke overdruk, te zien in filter 2, en doordat er aftoppingen plaats vindt, in filter 1, (1987, 1993-1995 en rond 1999).

Het stijghoogteverschil duidt overwegend op de aanwezigheid van overdruk (kwel). In de natte winterperiodes en ook in de droge zomerperiodes is hier vrijwel altijd overdruk aanwezig. Uitzondering hier op zijn de winterperiodes van 2005, 2006, 2009 en 2010. In deze periodes is hier sprake van wegzijging op deze locatie. Dit wordt hier veroorzaakt door vermindering van het neerslagoverschot gedurende de winter. Dit zorgt dat deze winters overwegend droog zijn, waardoor op deze locatie de kweldruk niet op gang komt in deze periode.

Figuur 84: Simulaties van peilbuis STR1 van 1987-2020. Met het freatisch grondwater in filter 1 en de stijghoogte in filter 2. Kweldruk van dit simulatie staat in bijlage 6.



Figuur 85 Simulaties van peilbuis STR2 van 1987-2020. Met het freatisch grondwater in filter 1 en de stijghoogte in filter 2. Kweldruk van dit figuur staat in bijlage 6.

BIJLAGE 15 – FOTO'S PUNTHUIZEN EN STROOTHUIZEN

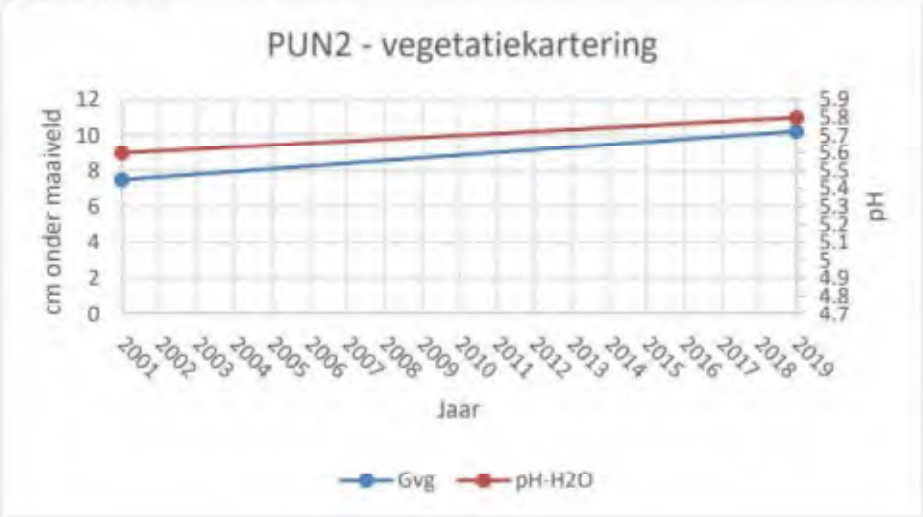
Figuur 86: Punthuizen tijdens een droge winter (Foto: 5.1.2e).

Figuur 87: Punthuizen tijdens een natte winter (Foto: 5.1.2e).

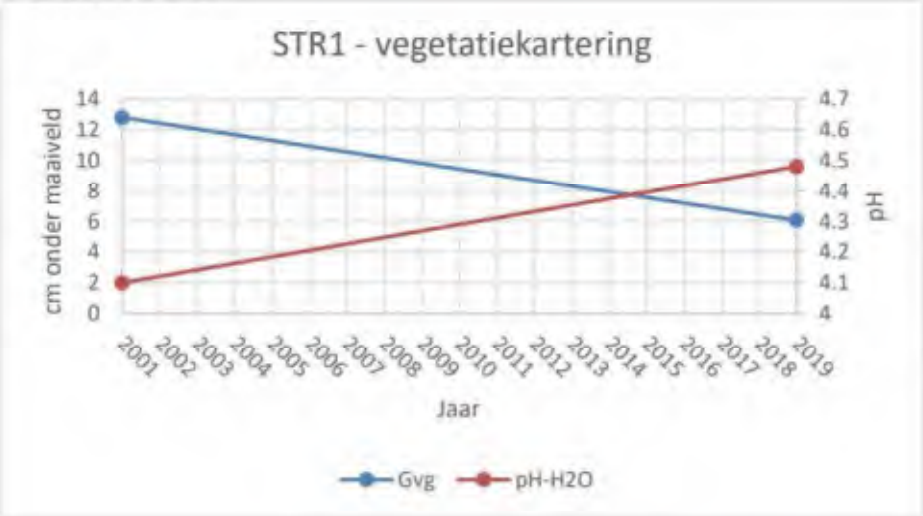
Figuur 88: Pyrietoxidatie in Stroothuizen (Foto: 5.1.2e).

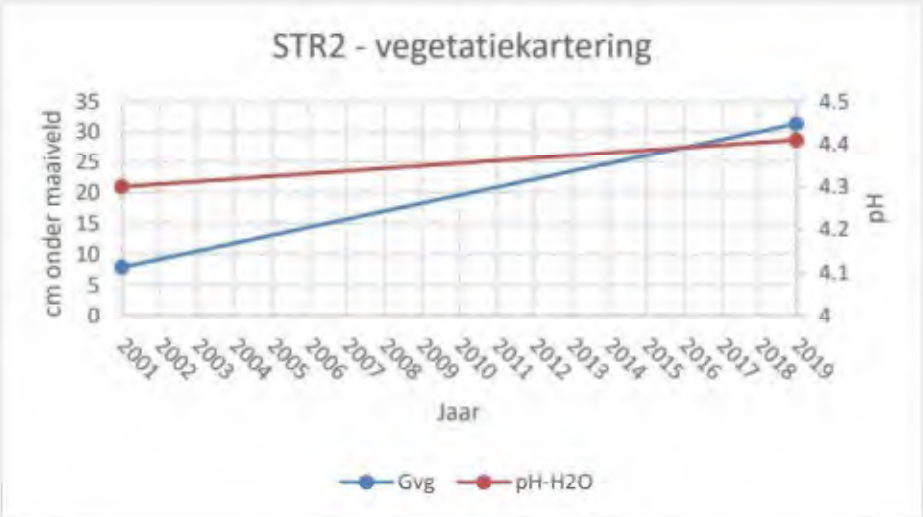
BIJLAGE 16 – KAARTVLAKINFORMATIE PEILBUISLOCATIES PUNTHUIZEN EN STROOTHUIZEN

PUNTHUIZEN



STROOTHUIZEN





BIJLAGE 17 – SIMULATIES HAAKSBERGERVEEN

De maaiveldhoogtes in de onderstaande grafieken van de tijdreeksmodellen is niet altijd representatief voor het afvoerniveau. In het veld staan de peilbuizen hoger in het landschap, op kades. Terwijl de grondwaterstand hier gestuurd wordt door het afvoerpeil van de stuwen en overlopen, deze zijn lager. Dit is te zien aan de aftoppingen al onder maaiveld.

HAA1

Peilbuis HAA1 staat noordelijk in het Haaksbergerveen, naast transect 1 en 2. De peilbuis staat in de randzone van het veengebied, op een lagergelegen deel. De simulaties van de grondwaterstanden van peilbuis HAA1 vertoont over het algemeen erg stabiele waterstand m.u.v. een aantal periodes (figuur *62*). In deze peilbuis is het freatisch grondwater zichtbaar in filter 1 en de stijghoogte in filter 3. In beide filters vindt aftopping plaats van de grondwaterstand. Dit betekent dat er grondwaterafvoer plaats vindt over maaiveld in natte periodes. Door deze aftoppingen zijn natte periodes niet goed zichtbaar, maar hier is de inundatieduur wel zichtbaar. In de jaren met een vrij gemiddeld neerslagoverschot zakt de grondwaterstand hier ondiep weg en zijn de fluctuaties van de grondwaterstand ondiep (<30cm). Echter zakt de grondwaterstand in de droge zomerperiode van 2018 en 2019 uitzonderlijk diep en langdurig weg.

Grootste gedeelte van de tijd is hier sprake van wegzijging in filter 2 t.o.v. filter 1. In filter 3 t.o.v. filter 1 is er sprake van wegzijging in de zomer en overdruk (kwel) in de winter. Over het algemeen kan de grondwaterstand zich op deze locatie goed in stand houden. De zeer stabiele grondwaterstanden (<30cm) zorgen voor gunstige omstandigheden voor de ontwikkeling van hoogveenvegetaties. Echter is het effect van de droogte van 2018 en 2019 erg groot door de extreem diep wegzakkende grondwaterstanden. Te zien is dat in de winter van 2018 naar 2019 de grondwaterstand zich niet hersteld heeft en wederom de grondwaterstand enorm diep wegzakt in de zomer van 2019.

Figuur 89: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis HAA1 van 1987-2020. Hierin is het freatisch grondwater zichtbaar in filter 1 en de stijghoogte in filter 2 en 3.

Randzone

De peilbuizen in de randzone van het gebied zijn peilbuis; HAA2, HAA3 en HAA4. Peilbuis HAA2 staat ten noordoosten van het Haaksbergerveen gelegen op de grens van het natuurgebied. Deze peilbuis staat laaggelegen in de randzone. Evenals peilbuis HAA2 staat ook peilbuis HAA3 ten noordoosten van het Haaksbergerveen gelegen op de grens van het natuurgebied. Deze peilbuis staat een paar honderd meter verderop ook laaggelegen in de randzone. Tevens staat peilbuis HAA4 in het noordoosten van het Haaksbergerveen, verder in het natuurgebied.

In figuur 81 is de laatste 10 jaar zichtbaar van de simulaties van peilbuis HAA2, HAA3 en HAA4. In bijlage 17 staat de volledige simulatie van deze peilbuizen. De simulatie van de grondwaterstanden van de peilbuizen vertonen vrij sterke fluctuaties. In de grafiek is de freatische grondwaterstand zichtbaar in alle peilbuizen. De grondwaterstanden vertonen aftoppingen in de natte winterperiodes. Dit wordt veroorzaakt door het afvoerniveau van de stuwen of overlopen die aanwezig zijn in de compartimenten. Hierdoor zijn de effecten van de natte periodes op de grondwaterstand minder goed zichtbaar in het grondwaterstandsniveau. In natte periodes treden hogere

grondwaterstanden langer op. De droge zomerperiodes zijn te herkennen aan de snel, dieper wegzakkende grondwaterstanden. Effecten van droge periodes op de grondwaterstand zijn nauwelijks zichtbaar m.u.v. de zomerperiode van 2018 en 2019. Hier zakt de grondwaterstand langdurig en diep weg.

De grondwaterstanden zakt gering weg in jaren met een gemiddeld neerslagoverschot. De effecten van de droogte in 2018 en 2019 op de grondwaterstanden zijn echter groot. De grondwaterstand zakt in de zomer van 2018 en 2019 het diepst weg t.o.v. de gehele periode (1987-2020). In de winter van 2018 op 2019 is de grondwaterstand korte tijd op niveau waarna deze weer diep wegzakt in de zomer van 2019. In peilbuis HAA3 zakt de grondwaterstand minder snel weg, dit zou veroorzaakt kunnen worden doordat hier een groot deel van het grondwater van het Haaksbergerveen zich verzameld om vervolgens op dit punt het gebied te verlaten.

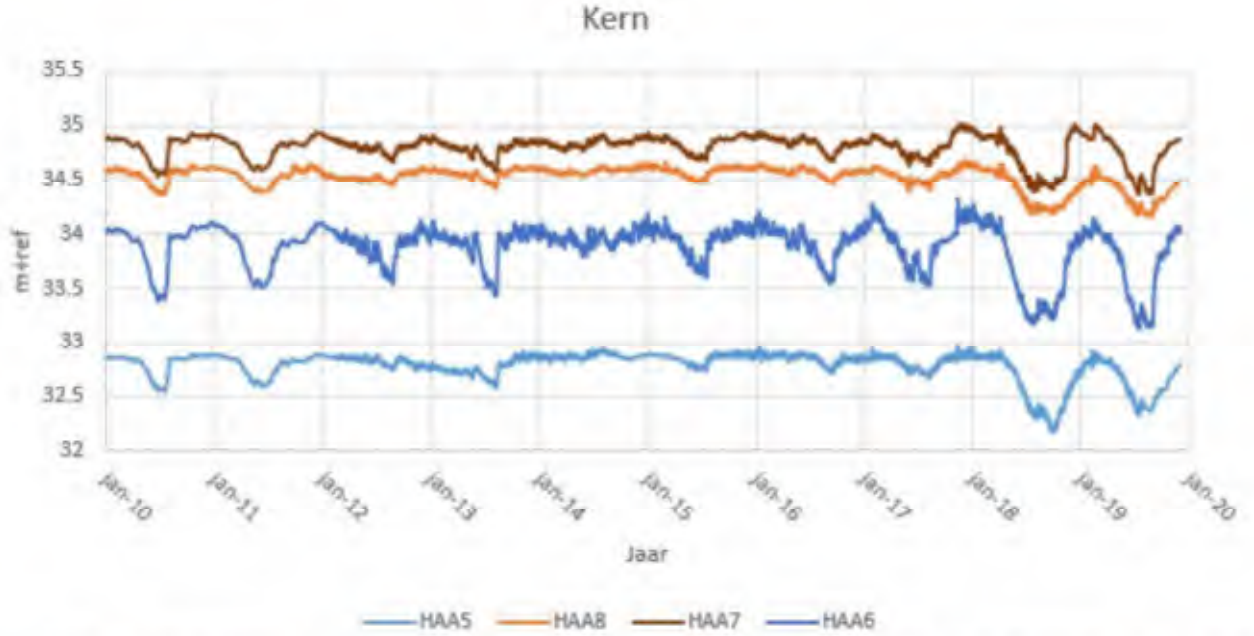
Kern en overgangszone
De peilbuizen in de kern en op de overgang van de randzone naar de kern zijn peilbuis; HAA5, HAA6, HAA7 en HAA8. Peilbuis HAA5 staat in het noordoostelijke gedeelte van het Haaksbergerveen in de overgang van de randzone naar de kern van het natuurgebied. Peilbuis HAA6 staat in het noordoostelijke gedeelte van het Haaksbergerveen, verder richting de kern van het natuurgebied langs de Buurserveenweg. Peilbuis HAA7 staat centraal gelegen in het Haaksbergerveen. Peilbuis HAA8 staat ten zuiden van de dekzandrug in het Haaksbergerveen richting de landsgrens in het Stobbeveen.

In figuur 91 is de laatste 10 jaar zichtbaar van de simulaties van peilbuis HAA5, HAA6, HAA7 en HAA8. In bijlage 17 staat de volledige simulatie van deze peilbuizen. De simulatie van de grondwaterstanden van peilbuis HAA5, HAA7 en HAA8 vertonen minder sterke fluctuaties dan te zien is in de randzone van het Haaksbergerveen. Peilbuis HAA6 is hierbij een uitzondering, deze vertoont evenals in de randzone ook de sterkere fluctuaties in de grondwaterstand. Dit wordt veroorzaakt door het peilniveau dat tussen de compartimenten sterk kan verschillen. In de grafiek is de freatische grondwaterstand zichtbaar in alle peilbuizen. De grondwaterstanden vertonen aftoppingen in de natte winterperiodes. Dit wordt veroorzaakt door het afvoerpeil op de locaties. Hierdoor zijn de effecten van de natte periodes minder goed zichtbaar in het absolute niveau van de grondwaterstanden, maar dit is wel zichtbaar in de duur dat deze hoge grondwaterstanden optreden. De droge periodes zijn wel duidelijk te herkennen in de grafiek. Droge periodes hebben weinig effect op het wegzakken van de grondwaterstand m.u.v. de zomerperiode van 2018 en 2019. Hier zakt de grondwaterstand langdurig en diep weg, wat ook zichtbaar is in de randzones. In de grafiek is duidelijk zichtbaar dat de grondwaterstanden minder diep wegzakken in de kern (HAA8 en HAA7) dan op de overgangszone (HAA6 en HAA5) naar de randzone.

In periodes met een gemiddeld neerslagoverschot, zijn de fluctuaties vrij beperkt. De effecten van de droogte in 2018 en 2019 op de grondwaterstanden zijn echter groot. De grondwaterstand zakt in de zomer van 2018 en 2019 het diepst weg t.o.v. de gehele periode (1987-2020) bij alle peilbuizen. In de winter van 2018 op 2019 is de grondwaterstand korte tijd op niveau waarna deze weer diep wegzakt in de zomer van 2019. Opvallend is dat in de simulatie van de peilbuizen dichter bij de kern; HAA6, HAA7 en HAA8, de grondwaterstand in 2019 zelfs dieper wegzakt dan in 2018 ondanks de minder sterke droogte in 2019.

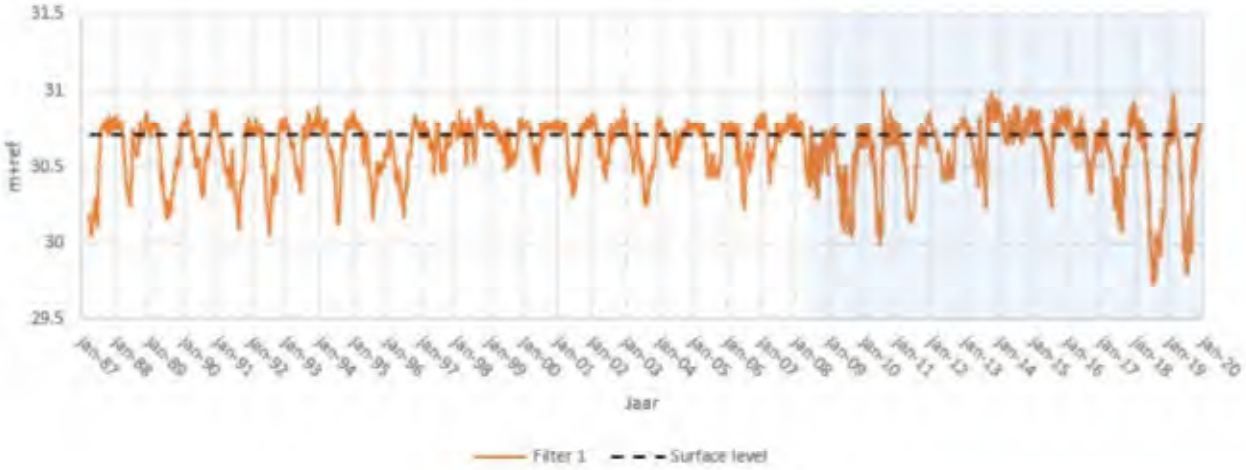
Volledige simulaties van figuur 90 en 91 staan hieronder.

Figuur 90: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis HAA2, HAA3 en HAA4 van 2010-2020. Dit zijn de peilbuizen in de randzone van het Haaksbergerveen. Alle peilbuizen vertonen de freatische grondwaterstand van filter 1.

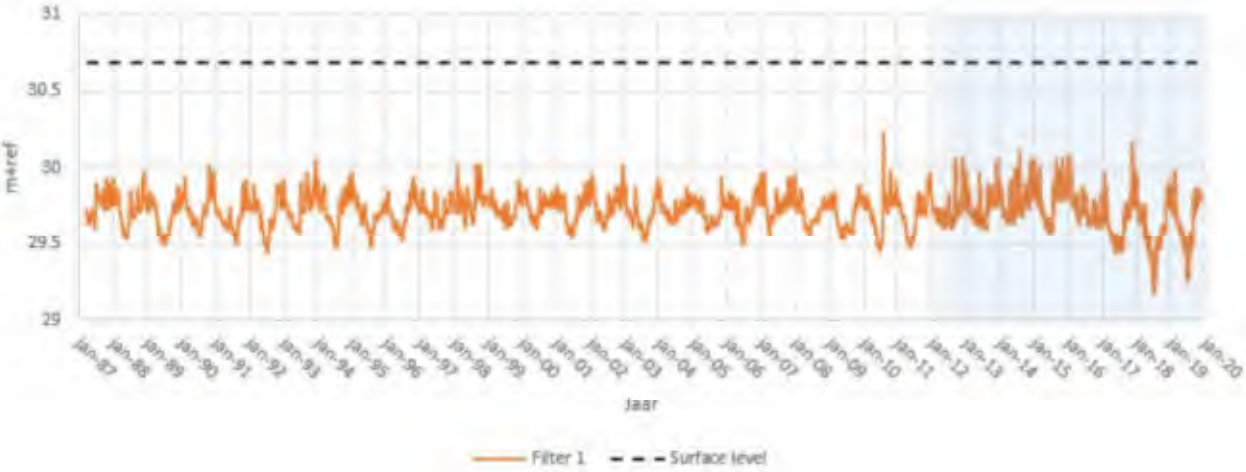


Figuur 91: Simulaties van de grondwaterstanden uit peilbuis HAA5, HAA6, HAA7 en HAA8 van 2010-2020. Dit zijn de peilbuizen in de kern van het Haaksbergerveen. Alle peilbuizen vertonen de freatische grondwaterstand van filter 1.

HAA2

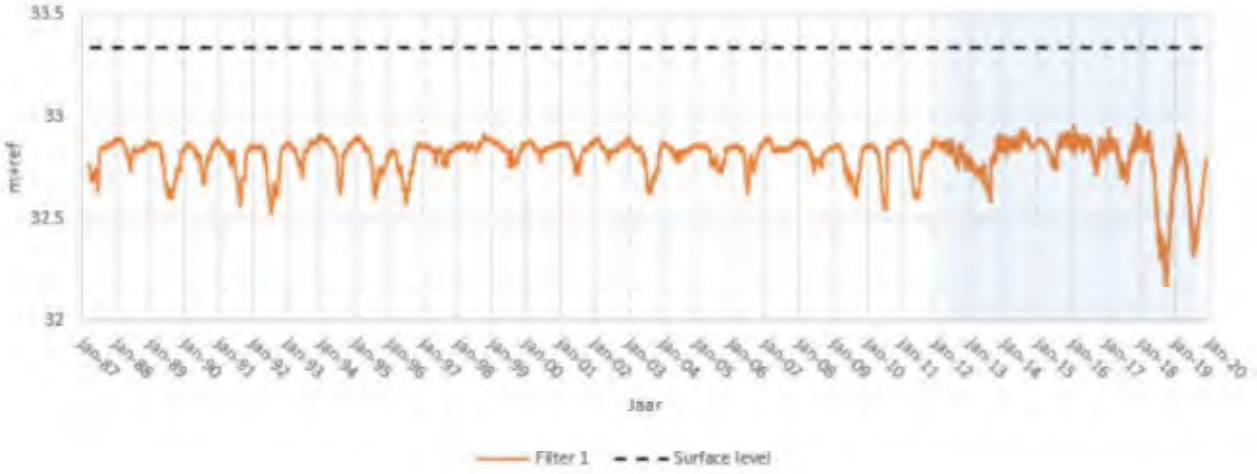


HAA3

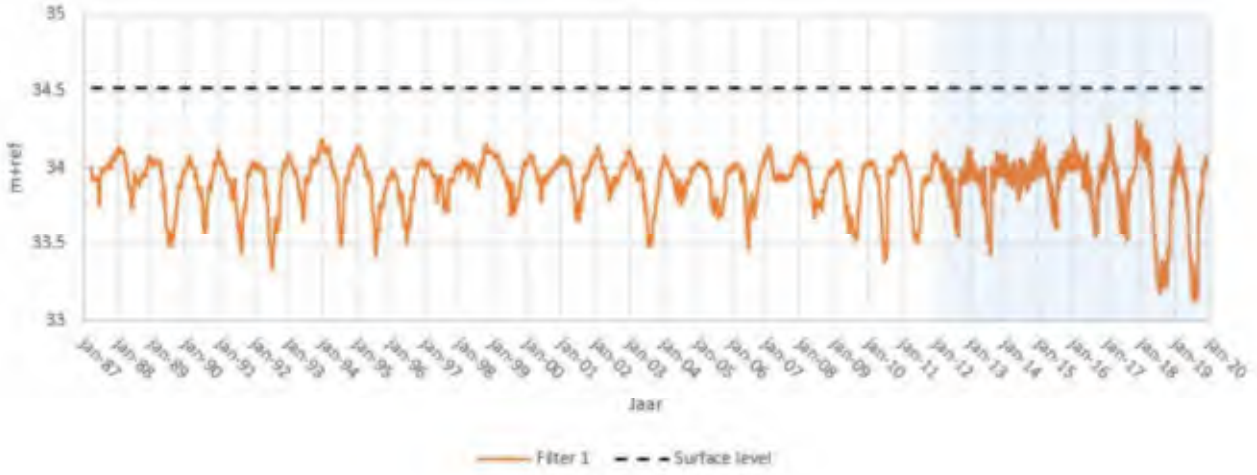


HAA4

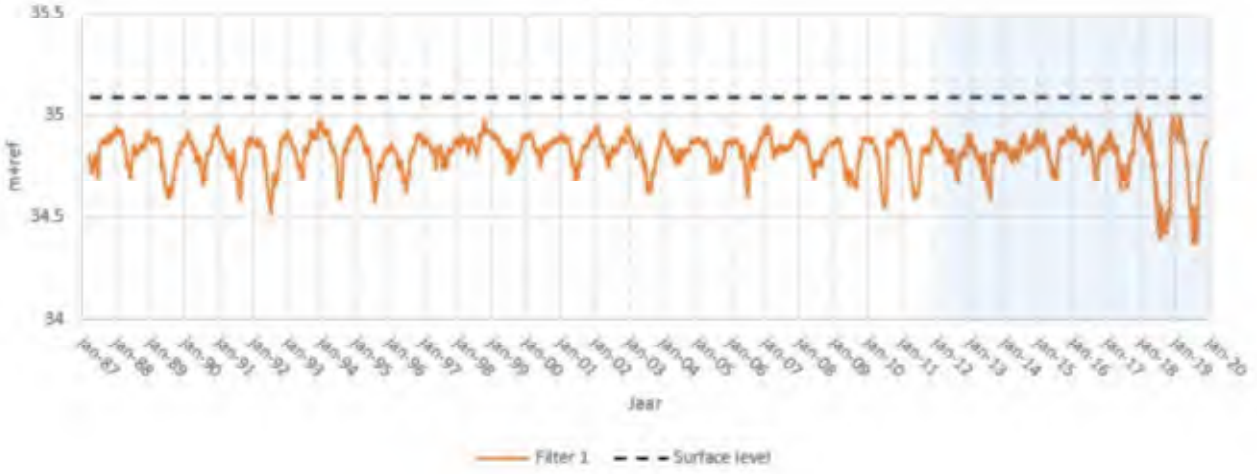
HAA5



HAA6



HAA7

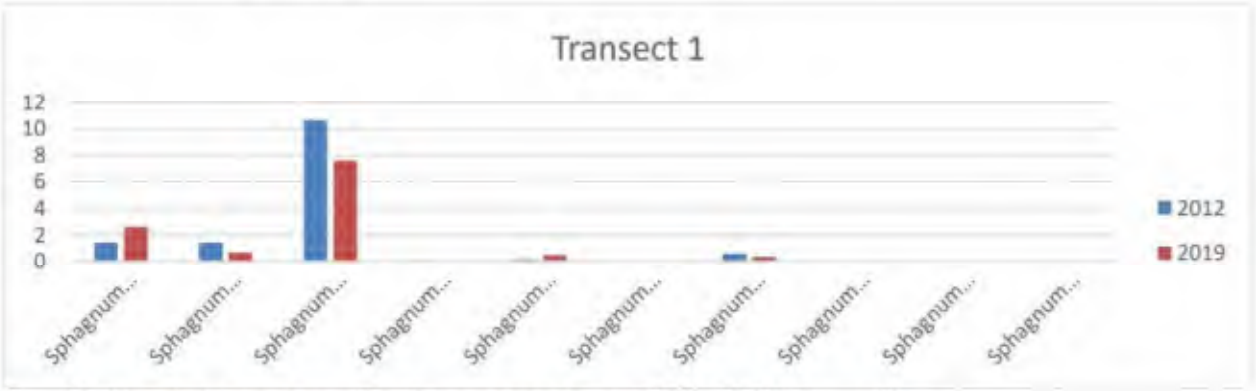


HAA8
35
34.5
34
m+ref
Jaar
Filter 1
Surface level

BIJLAGE 18 – VEENMOSSOORTEN PER TRANSECT HAAKSBERGERVEEN

Transect 1
Transect 1 ligt noordwestelijk in de randzone van het gebied. Dit transect vertoont een lichte afname in de totale veenmoshoeveelheid (figuur 92). Deze lichte afname wordt veroorzaakt door de afname van de slenksoorten, maar de droger staande bultvormende soorten en de natte heidesoorten vertonen hier een toename. De vegetatiekartering (2013) (bijlage 19) wijst op het voorkomen van de klasse der hoogveenbulten en natte heiden met het voornamelijk voorkomen van RG-Beenbreek-[Klasse der hoogveenbulten en natte heiden] en RG-Gewone dophei.

De toename zit hem vooral in de toename van de bultvormende soort Wrattig veenmos (Sphagnum papillosum) en de natte heidesoort Kussentjesveenmos (Sphagnum compactum). Lager in de gradiënt is deze toename m.n. zichtbaar waarbij deze hoger in de gradiënt juist afnemen. De meest voorkomende slenksoort, Waterveenmos (Sphagnum cuspidatum), vertoont echter een sterke afname. Dit kan indicatie zijn voor verdroging binnen de klasse der hoogveenbulten en natte heiden (Aggenbach & Jalink, 1998). De afname van Zacht veenmos (Sphagnum tenellum) kan tevens indiceren dat er sprake is van verdroging binnen de klasse der hoogveenbulten en natte heiden volgens het indicatorsoortenboekje van hoogvenen.



Figuur 92: Verandering van de verschillende veenmossoorten van 2012 en 2019 in transect 1.

Transect 2
Transect 2 ligt westelijk van transect 1, in de randzone ten noordwesten van het gebied. Dit transect vertoont een sterke afname in de totale hoeveelheid veenmossen (figuur 93). Dit wordt veroorzaakt door een sterke afname van de bultvormende soorten en slenksoorten, de minerotrafente soorten zijn hier volledig verdwenen. De vegetatiekartering (2013) (bijlage 19) wijst op het voorkomen van de klasse der hoogveenbulten en natte heiden en de klasse van hoogveenslenken met voornamelijk aanwezig; RG Snavelzegge-Veenmos-[Klasse der kleine Zeggen/Klasse van hoogveenslenken/Klasse der hoogveenbulten en natte heiden], RG-Beenbreek-[Klasse der hoogveenbulten en natte heiden] en de Associatie van Gewone dophei en Veenmos, subassociatie van Struikhei.

De afname wordt veroorzaakt door de sterke afname van de meest voorkomende bultvormende soort, Wrattig veenmos (Sphagnum papillosum). Ook de slenksoorten, Fraai veenmos (Sphagnum fallax) is sterk afgenomen en Waterveenmos (Sphagnum cuspidatum) is volledig verdwenen (deze was echter al in minimale hoeveelheid aanwezig). De sterke afname van Wrattig veenmos en het verdwijnen van Waterveenmos kan indiceren dat verdroging gaande is binnen de klasse der hoogveenbulten en natte heiden zoals te zien is in het indicatorsoortenboekje van hoogvenen. De toename van de bultvormende soort Hoogveenmos (Sphagnum magellanicum) gaat binnen het transect niet ten kostte van de afname van de slenksoorten en is hierbij ook niet indicerend (Aggenbach & Jalink, 1998).

Figuur 93: Verandering van de verschillende veenmossoorten van 2012 en 2019 in transect 2.

Transect 3

Transect 3 ligt in westelijke richting van het gebied, richting de kern. Het transect is opgedeeld in transectdeel 3a en 3b, 3a ligt westelijk van de kade, 3b ligt oostelijk van de kade. Dit transect vertoont een sterke afname in de totale hoeveelheid veenmossen (figuur 94). Dit wordt veroorzaakt door het verdwijnen van de bultvormende soorten en een sterke afname in de slenksoorten. Volgens de vegetatiekartering (2013) (bijlage 19) is in beide delen de overheersende vegetatie afkomstig uit de klasse van hoogveenslenken met RG Veenpluis-Veenmos-[Klasse der kleine Zeggen/Klasse van hoogveenslenken].

De afname binnen beide transectdelen wordt voornamelijk veroorzaakt door de sterke afname van de slenksoort Waterveenmos (Sphagnum cuspidatum). Dit wijst op lichte verdroging in poelen en slenken binnen de klasse der hoogveenslenken volgens het indicatorsoortenboekje van hoogvenen. Hierin staat beschreven dat als deze soort zal verdwijnen zal dit wijzen op sterke verdroging. Het verdwijnen van de bultvormende soort zou kunnen wijzen op sterke verdroging in poelen en slenken binnen de klasse der hoogveenslenken (Aggenbach & Jalink, 1998). De andere slenksoort Fraai veenmos (Sphagnum fallax) en natte heidesoorten Kussentjesveenmos (Sphagnum compactum) en Zacht veenmos (Sphagnum tenellum) waren al in minimale hoeveelheid aanwezig maar zijn nu volledig verdwenen.

Figuur 94: Verandering van de verschillende veenmossoorten van 2012 en 2019 in transect 3.

Transect 4

Transect 4 ligt noordelijk in het gebied in de randzone. In dit transect is in minimale hoeveelheid de natte heidesoort, Kussentjes veenmos (Sphagnum compactum), gesignaleerd in 2012, deze is in 2019 weer verdwenen (figuur 95). De vegetatiekartering (2013) (bijlage 19) wijst op het voornamelijk voorkomen van de klasse der hoogveenbulten en natte heiden met RG Pijpestrootje-[Klasse der hoogveenbulten en natte heiden/Klasse der heischrale graslanden] en Associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies, soortenarme subassociatie.

Figuur 95: Verandering van de verschillende veenmossoorten van 2012 en 2019 in transect 4.

Transect 5

Transect 5 ligt noordoostelijk in de randzone van het gebied. Dit transect vertoont net als een groot aantal andere transecten een sterke afname in de totale hoeveelheid veenmossen (figuur 96). Dit wordt veroorzaakt door de sterke afname van de slenksoorten en een afname van de natte heidesoorten. De vegetatiekartering (2013) (bijlage 19) wijst op het hoofdzakelijk voorkomen van de RG Pijpestrootje-[Klasse der hoogveenbulten en natte heiden/Klasse der heischrale graslanden].

De sterke afname wordt veroorzaakt door de meest voorkomende slenksoort Waterveenmos (Sphagnum cuspidatum). Het verdwijnen van deze soort zou indicatie geven van verdroging binnen de klasse der hoogveenbulten en natte heiden. Ook de slenksoort Fraai veenmos (Sphagnum fallax) en de natte heidesoort Zacht veenmos (Sphagnum tenellum) die in kleine hoeveelheid aanwezig waren zijn sterk afgenomen. De afname van Zacht veenmos zou een indicatie kunnen zijn voor verdroging binnen de klasse der hoogveenbulten en natte heiden (Aggenbach & Jalink, 1998).

Figuur 96: Verandering van de verschillende veenmossoorten van 2012 en 2019 in transect 5.

Transect 6

Transect 6 ligt centraal in het natuurgebied, richting de kern. In tegenstelling tot in alle andere transecten is hier een toename van de totale hoeveelheid veenmossen aanwezig (figuur 97). Dit wordt veroorzaakt door de sterke toename van de slenksoorten, bultvormende soorten en natte heidesoorten. De minerotrafente soorten zijn hier echter verdwenen. De vegetatiekartering (2013) (bijlage 19) wijst op het hoofdzakelijk voorkomen van de klasse der hoogveenbulten en natte heiden met de Associatie van Gewone dophei, typische subassociatie en de RG Gewone dophei-[Dophei-verbond], en de klasse van hoogveenslenken met RG Veenpluis-Veenmos-[Klasse der kleine Zeggen/Klasse van hoogveenslenken]

Door plaatselijke brand in 2018 binnen dit transect heeft dit geresulteerd in een sterke toename van de veenmossen. Door deze brand is het veen opgebrand tot waar het grondwater het veenpakket bereikt, waardoor de standplaatscondities nu optimaler zijn voor de veenmosgroei (Kooijman, 2020). De toename is te duiden aan de slenksoort Waterveenmos (Sphagnum cuspidatum), de natte heidesoort Kussentjesveenmos (Sphagnum compactum) en de bulvormende soort Wrattig veenmos (Sphagnum papillosum). Het Waterveenmos en het Wrattig veenmos geven een indicatie van vernatting binnen de klasse der hoogveenbulten en natte heiden (Aggenbach & Jalink, 1998).

De andere veenmossoorten zoals Fraai veenmos (Sphagnum fallax), Zacht veenmos (Sphagnum tenellum) en Gewimperd veenmos (Sphagnum fimbriatum) zijn in mindere mate aanwezig en zijn sterk afgenomen of zelfs verdwenen.

Figuur 97: Verandering van de verschillende veenmossoorten van 2012 en 2019 in transect 6.

Transect 7

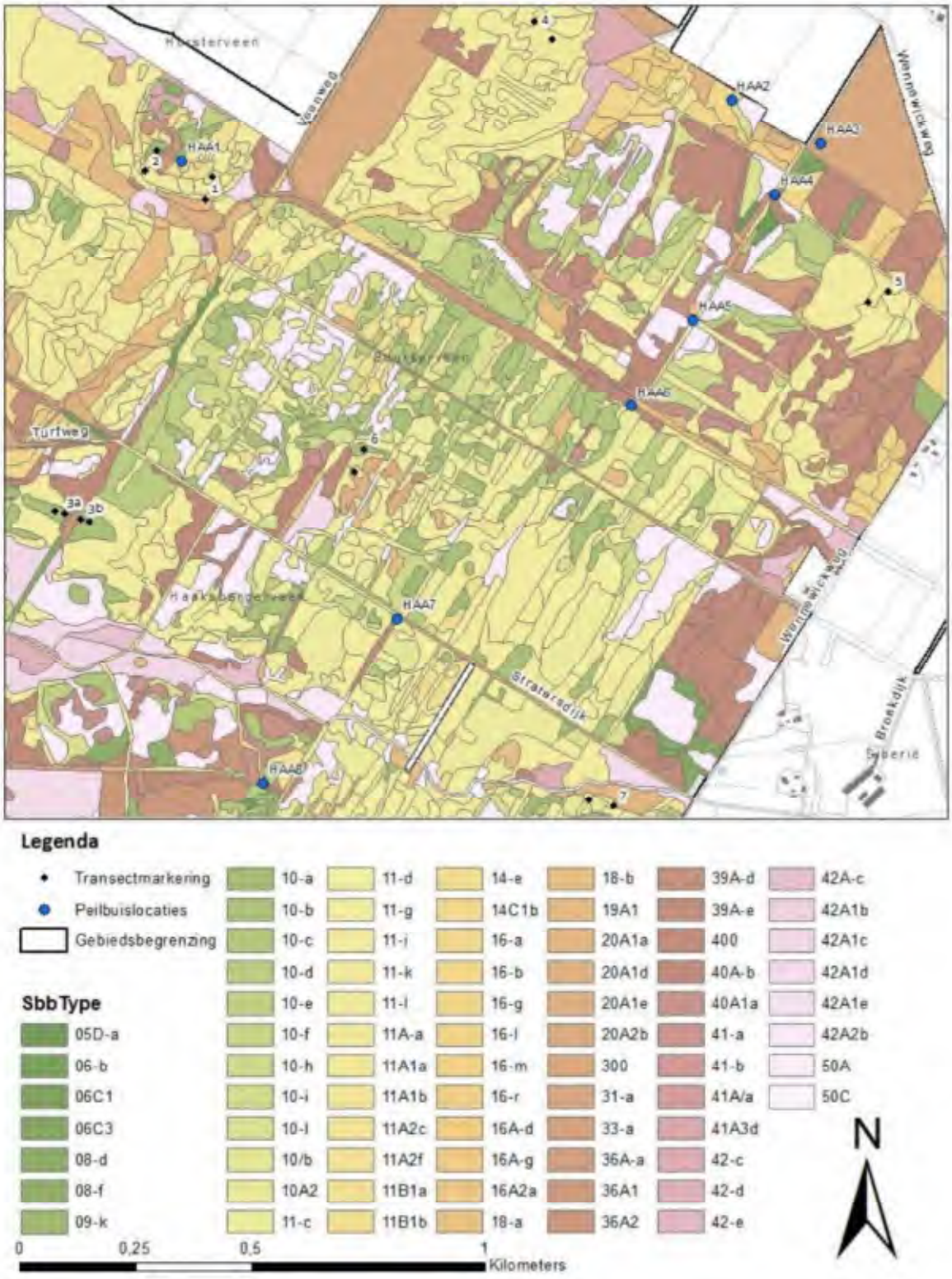
Transect 7 ligt zuidoostelijk in de randzone van het gebied. In dit transect is de totale hoeveelheid veenmossen verdwenen (figuur 98). De vegetatiekartering (2013) (bijlage 19) wijst op het hoofdzakelijk voorkomen van de klasse der hoogveenbulten en natte heiden met RG Pijpestrootje-[Klasse der hoogveenbulten en natte heiden/Klasse der heischrale graslanden] en RG Gewone dophei-[Dophei-verbond], de klasse van hoogveenslenken met Associatie van Veenmos en Snavelbies, en de klasse der droge heiden met RG Bochtige smele-Pilzegge-Liggend walstro-[Verbond der heischrale graslanden/Verbond van Struikhei en Kruipbrem].

Alle veenmossoorten van alle groeperingen kwamen in kleine mate voor binnen dit transect, maar zijn verdwenen in 2019. De bultvormende soorten Wrattig veenmos (Sphagnum papillosum) en Hoogveenmos (Sphagnum magellanicum), de slenksoorten Waterveenmos (Sphagnum cuspidatum) en Fraai veenmos (Sphagnum fallax), de natte heidesoort Zacht veenmos (Sphagnum tenellum) en de minerotrafente soort Gewoon veenmos (Sphagnum palustre) waren in 2012 het meest voorkomend. Het verdwijnen van de bultvormende soort Hoogveenmos (Sphagnum magellanicum) wijst op verdroging binnen de klasse van hoogveenslenken en de klasse der hoogveenbulten en natte heiden (Aggenbach & Jalink, 1998). Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door grote fluctuaties in dit compartiment in de randzone.

Het verdwijnen van de bultvormende soorten Wrattig veenmos (Sphagnum papillosum) en Hoogveenmos (Sphagnum magellanicum) kan wijzen op zeer sterke verdroging binnen de klasse van hoogveenslenken en verdroging binnen de klasse der hoogveenbulten en natte heiden blijkt uit het indicatorsoortenboekje van hoogvenen. De slenksoort Waterveenmos (Sphagnum cuspidatum) kan wijzen op verdroging binnen de klasse der hoogveenbulten en droge heiden (Aggenbach & Jalink, 1998).

Figuur 98: Verandering van de verschillende veenmossoorten van 2012 en 2019 in transect 7.

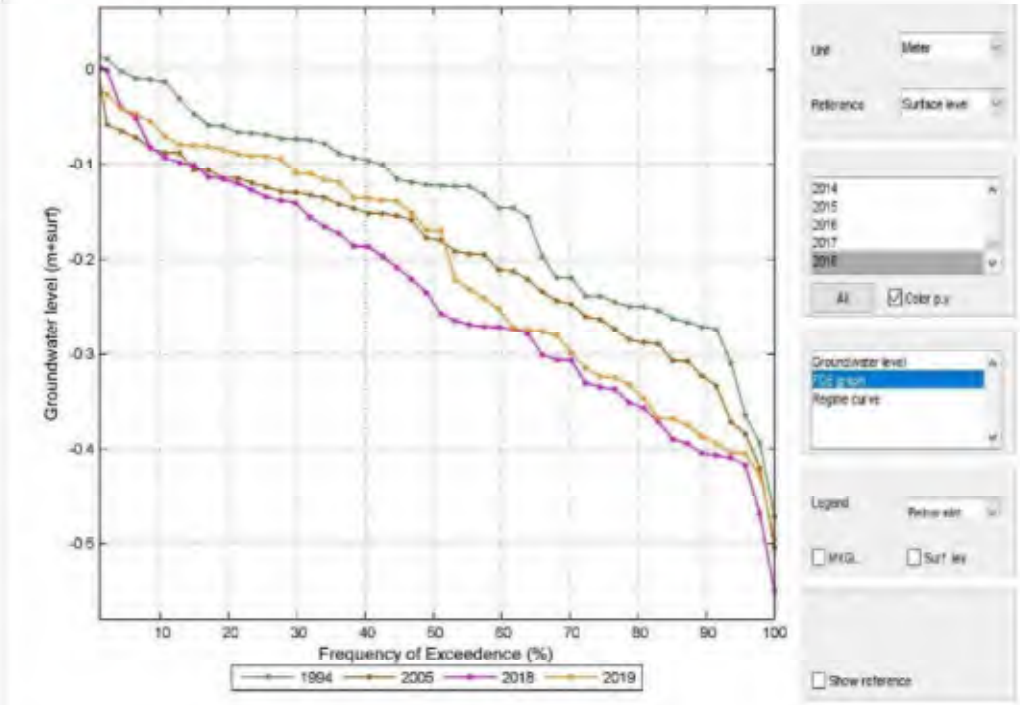
Vegetatiekartering Haaksbergerveen 2013



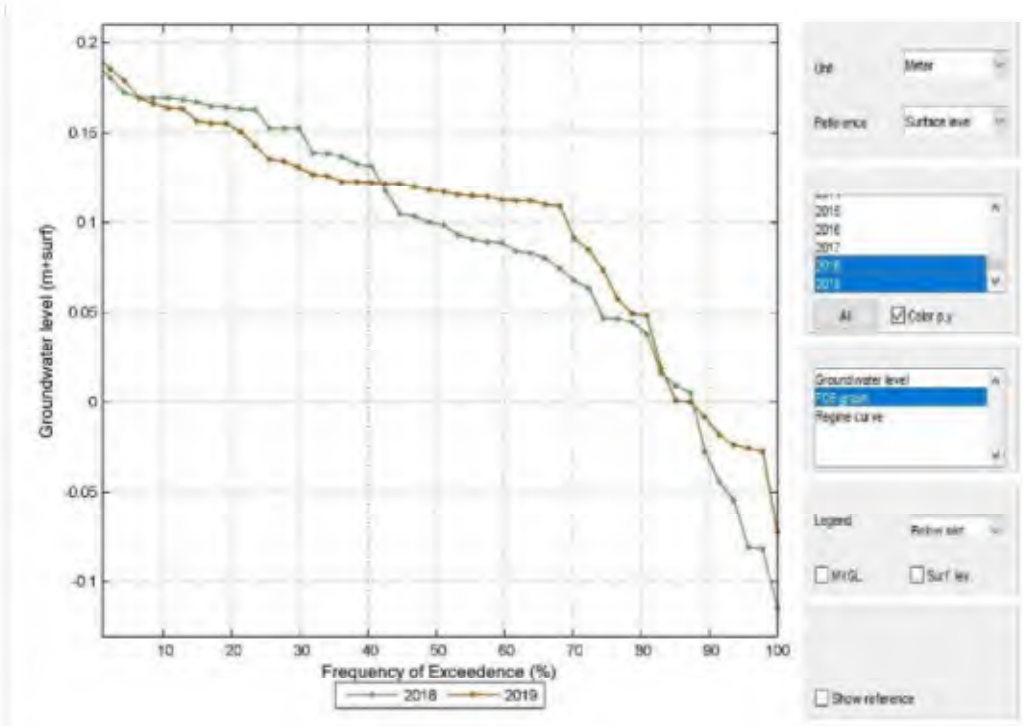
Figuur 99: Vegetatiekartering van het Haaksbergerveen uit 2013. Hier is de Staatsbosbeheer typologie gebruikt.

BIJLAGE 20 – DUURLIJNEN

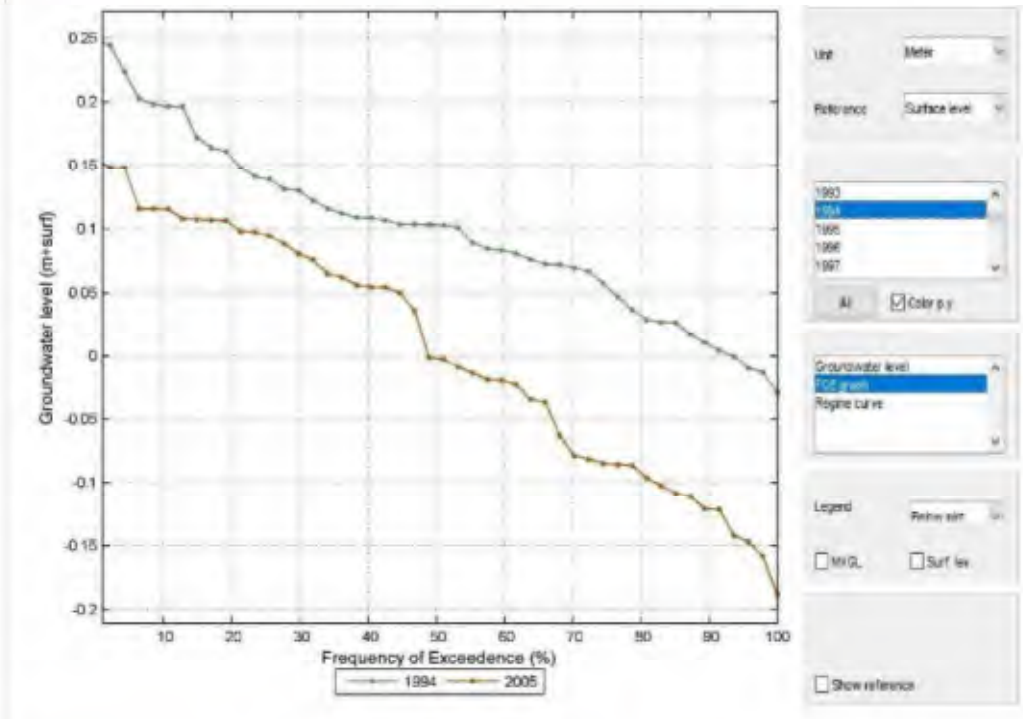
SPRINGENDAL



Figuur 100: Duurlijnen SPR3 uit 1994, 2005, 2018 en 2019

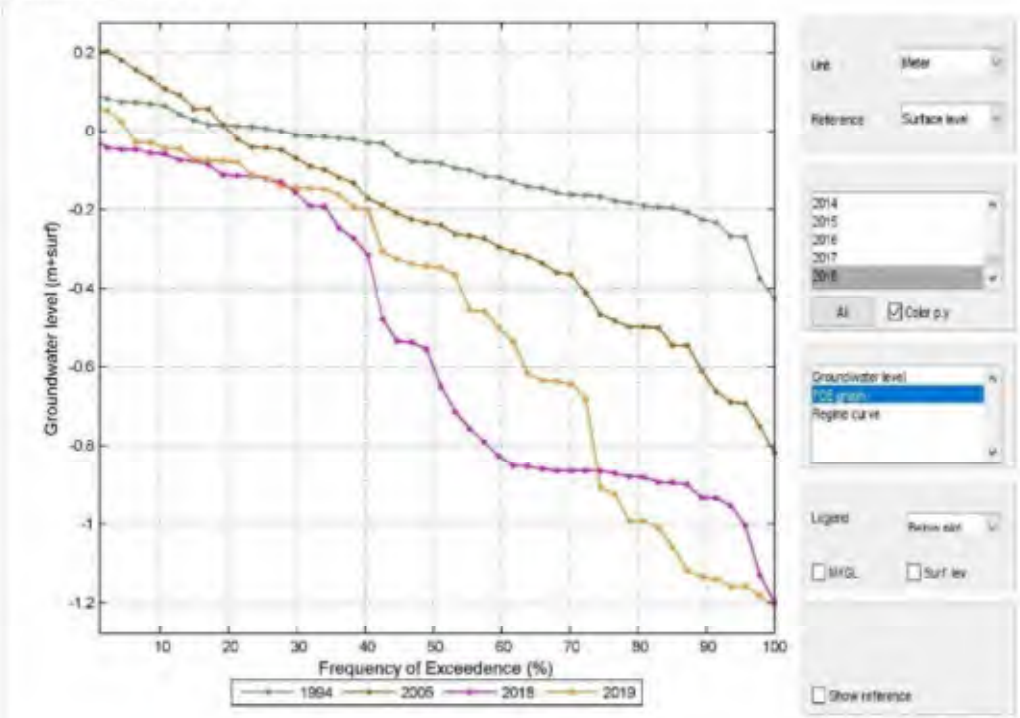


Figuur 101: Duurlijnen SPR4 na herstelmaatregelen uit 2018 en 2019

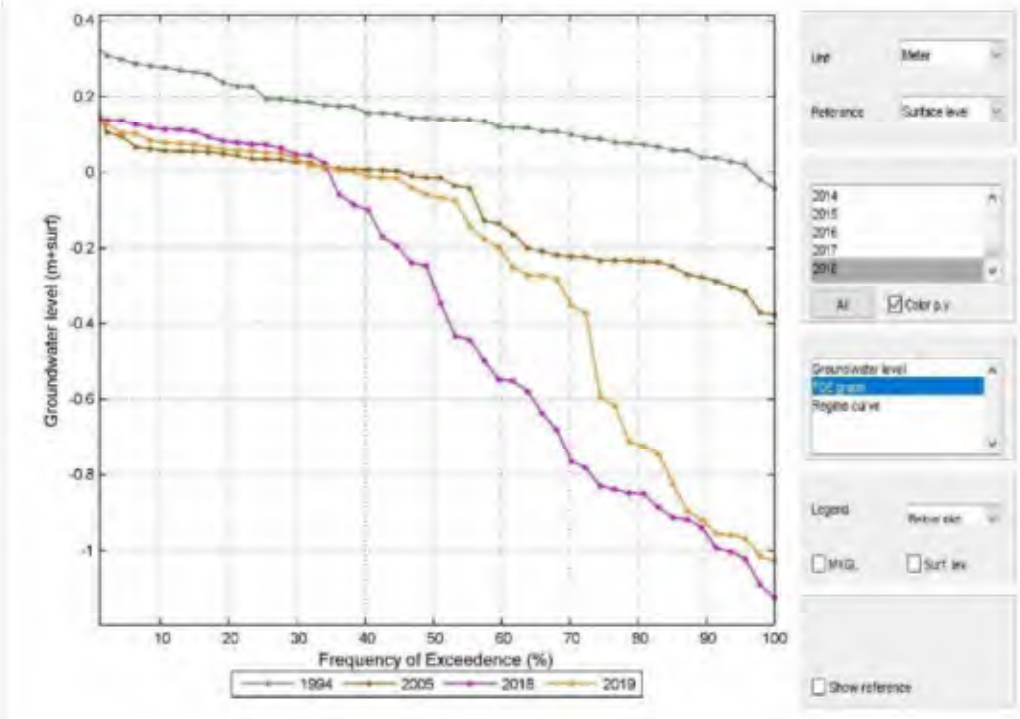


Figuur 102: Duurlijnen SPR4 voor herstelmaatregelen uit 1994 en 2005.

LEMSELERMATEN

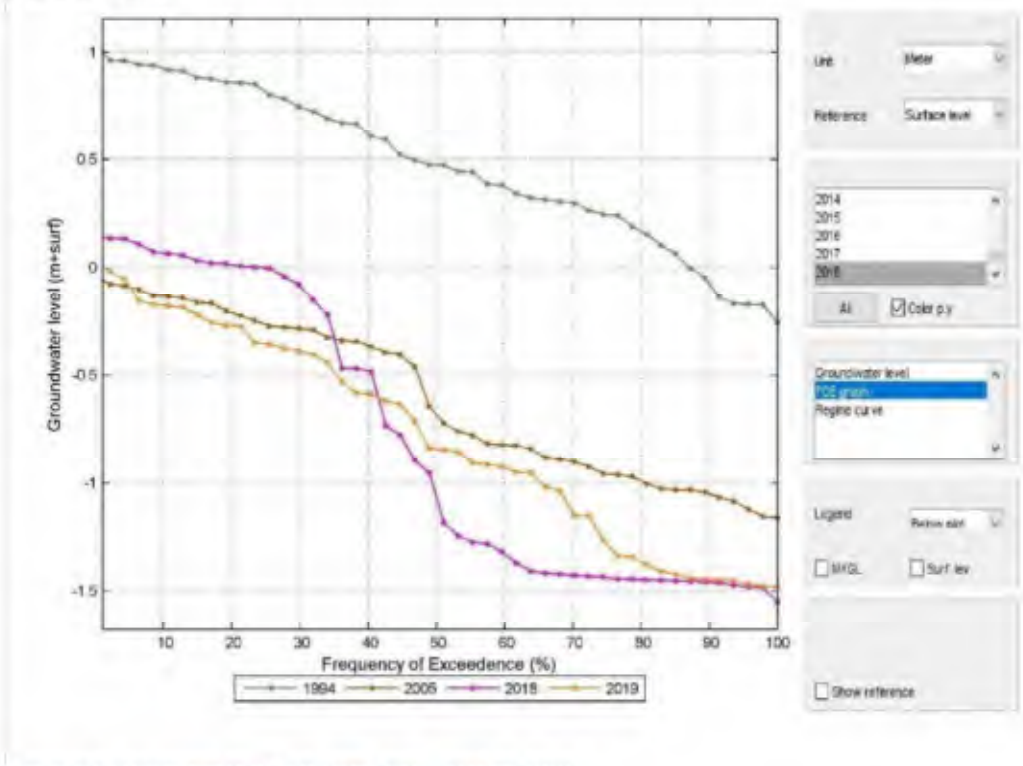


Figuur 103: Duurlijnen LEM3 uit 1994, 2005, 2018 en 2019



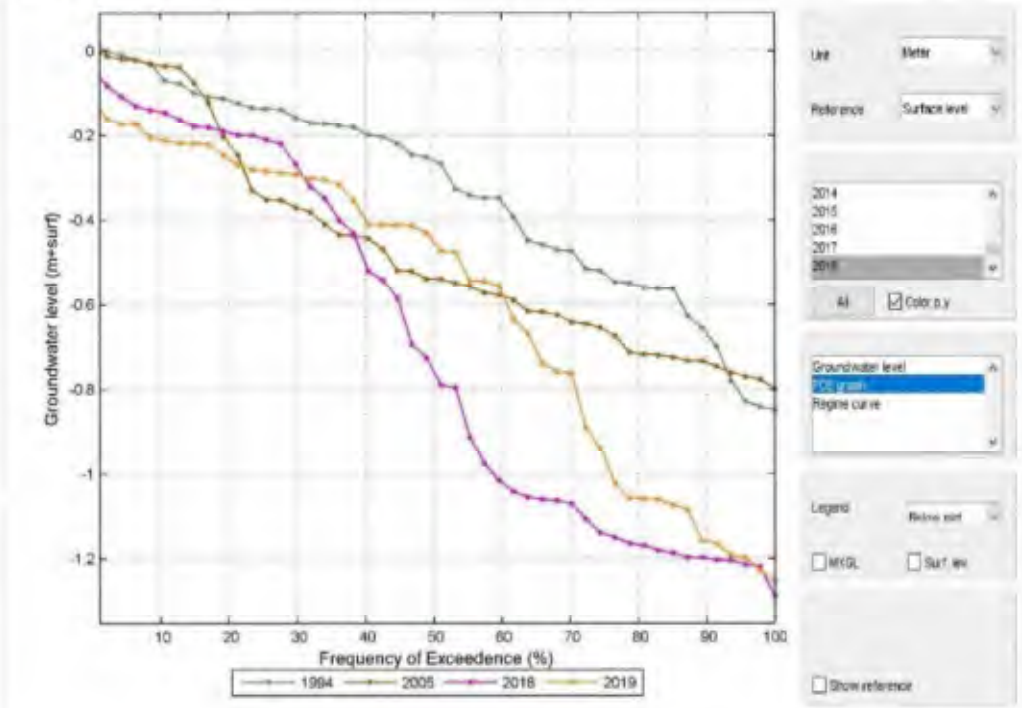
Figuur 104: Duurlijnen LEM5 uit 1994, 2005, 2018 en 2019

PUNTHUIZEN

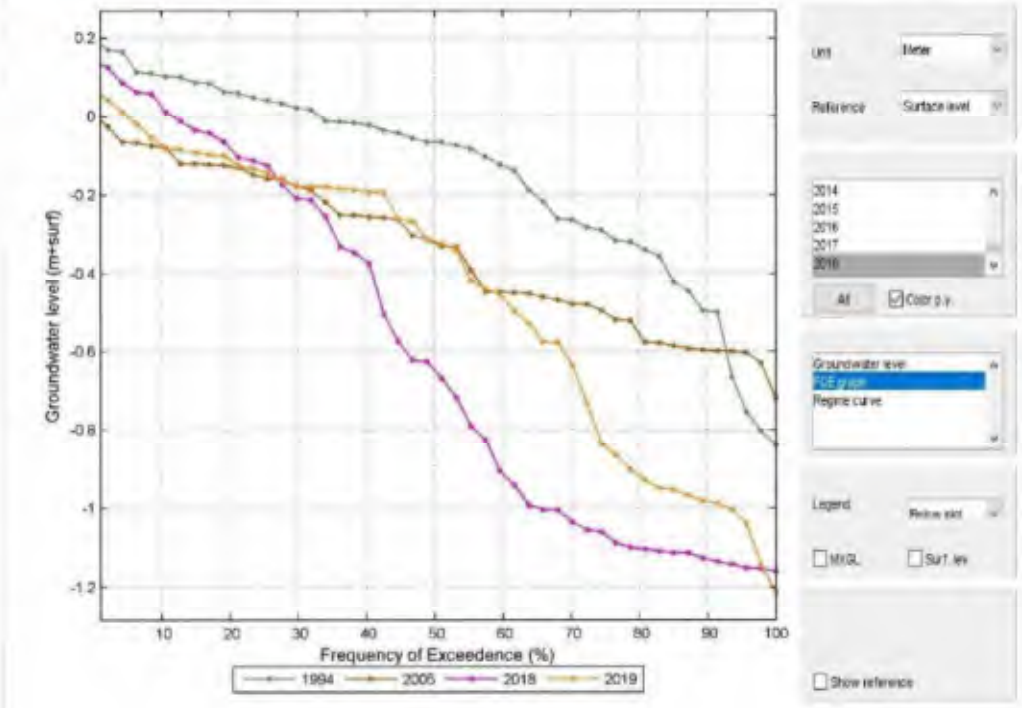


Figuur 105: Duurlijnen PUN2 uit 1994, 2005, 2018 en 2019

STROOTHUIZEN

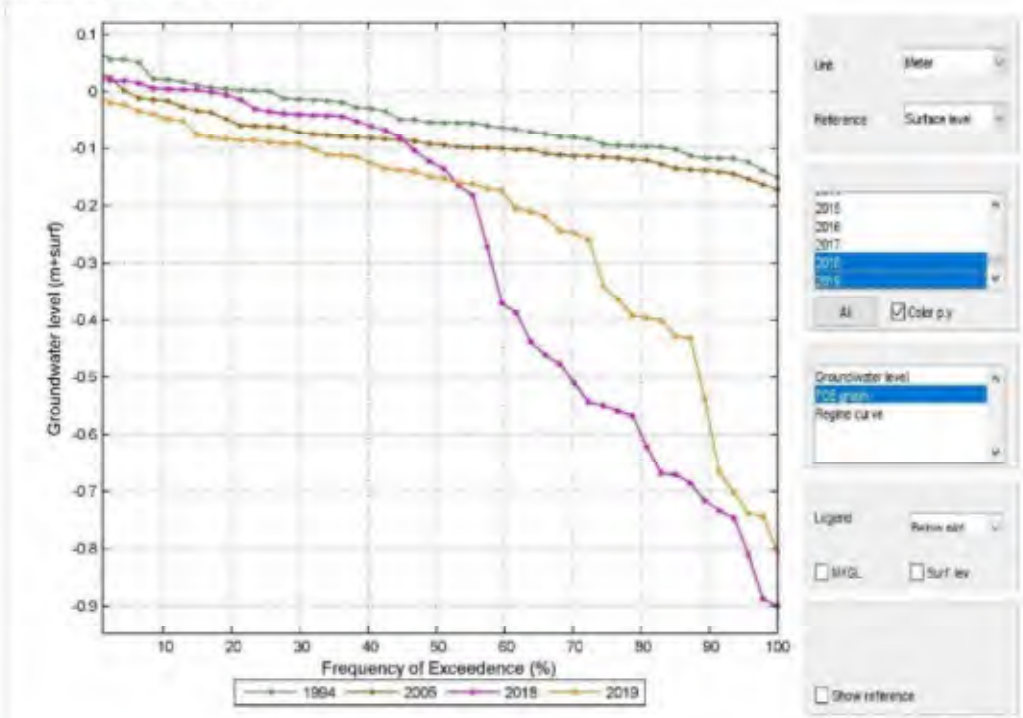


Figuur 106: Duurlijnen STR1 uit 1994, 2005, 2018 en 2019

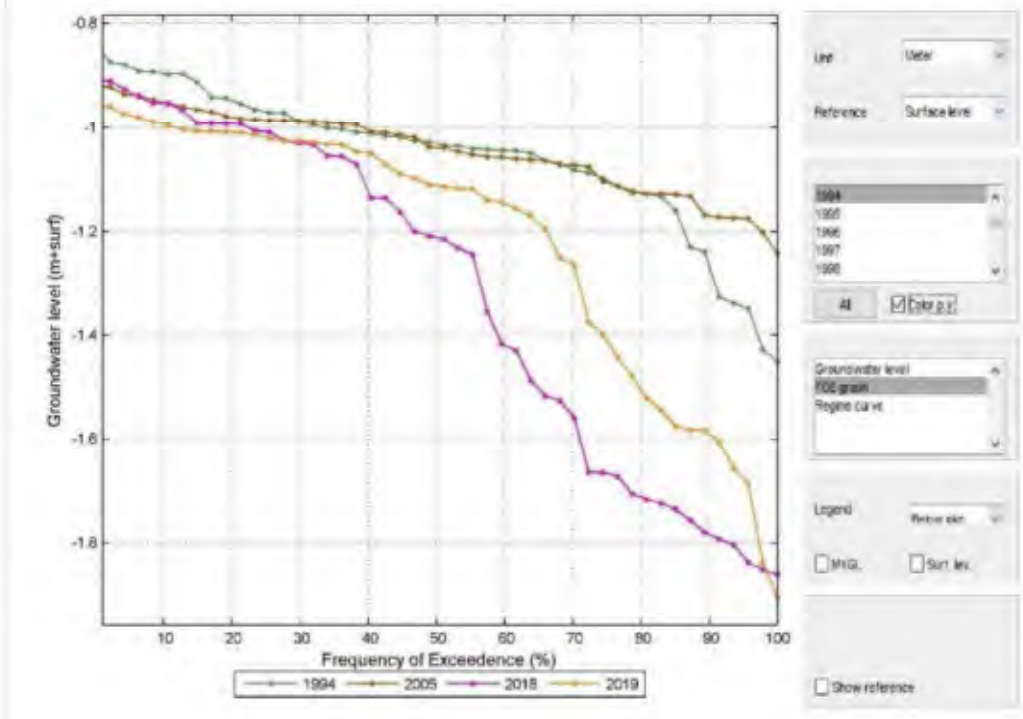


Figuur 107: Duurlijnen STR2 uit 1994, 2005, 2018 en 2019

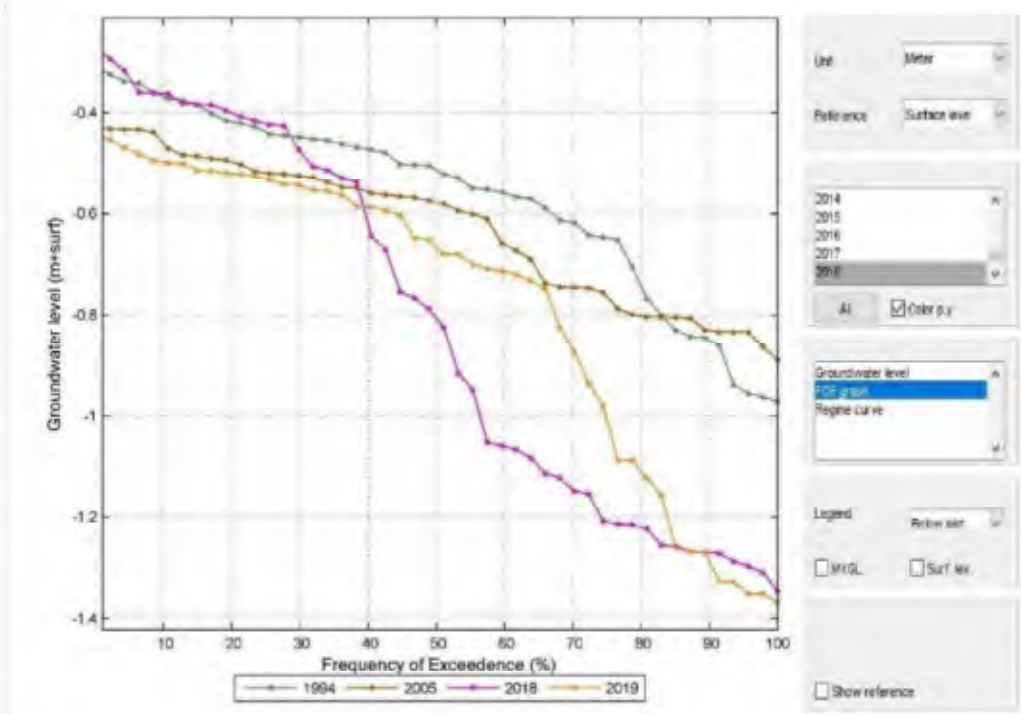
HAAKSBERGERVEEN



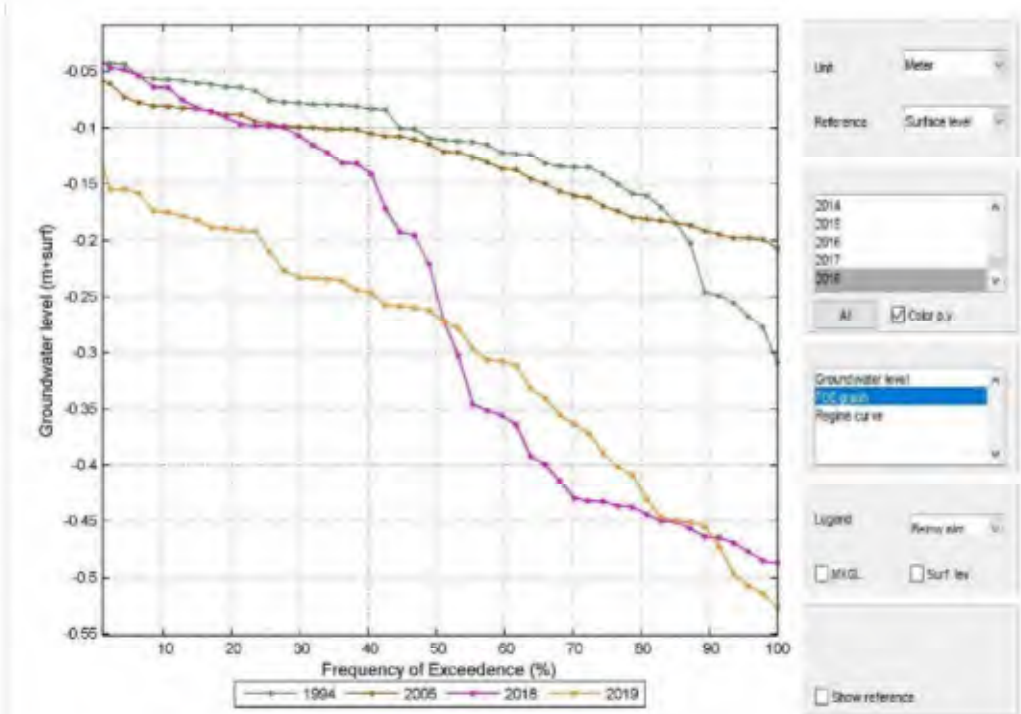
Figuur 108: Duurlijnen HAA1 uit 1994, 2005, 2018 en 2019



Figuur 109: Duurlijnen HAA4 uit 1994, 2005, 2018 en 2019



Figuur 110: Duurlijnen HAA6 uit 1994, 2005, 2018 en 2019



Figuur 111: Duurlijnen HAA8 uit 1994, 2005, 2018 en 2019

BIJLAGE 21 – MONITORINGSMETHODE

De voor- en nadelen van de monitoringsgegevens die gebruikt zijn in dit onderzoek zijn opgesomd in hoofdstuk 7 en in tabelvorm toegelicht in bijlage 22. Op basis van de monitoringsdata in dit onderzoek wordt een aanbeveling gedaan voor de meest geschikte monitoringsmethode om de effecten van meteorologische droogte in kaart te brengen. Hieronder worden de voorwaarden genoemd waar deze monitoringsdata aan moet voldoen en daarna een toelichting van de meest geschikte methode wat blijkt uit dit onderzoek.

De voorwaarden

- Aanwezigheid van hydrologische meetreeksen en data van de vegetatie.
- Lange frequente (recente) meetreeksen om een beeld te krijgen van de veranderingen in natte-, gemiddelde- en droge periodes (seizoen fluctuaties) en de bijbehorende vegetatiesuccessie.
- Mogelijkheid om de monitoringsdata van de hydrologie (grondwaterstanden) te vergelijken met de monitoringsdata van de vegetatie.
- Monitoringsdata van de vegetatie moet omgezet kunnen worden tot standplaatscondities.
- Mogelijkheid om de gegevens in de vorm van een dwarsdoorsnede te analyseren om het systeem functioneren in beeld te brengen (hydrologisch functioneren én de vegetatie in de gradiënt) en een representatief beeld van het natuurgebied te creëren.

Het doel van het vervolgonderzoek is het in kaart brengen van de effecten van de meteorologische droogte. Dit betekent dat de monitoringsmethode van de vegetatie moet voldoen aan herhaaldelijke opnames om grip te krijgen op de effecten. Om goed inzicht te krijgen in het systeem functioneren van een natuurgebied is het belangrijk dat deze monitoringsgegevens eenvoudig vergeleken kunnen worden met de grondwaterstandsmetingen die ook noodzakelijk zijn om inzicht te krijgen in de hydrologische effecten van de droogte. Hierbij moeten de monitoringsgegevens van de vegetatie eenvoudig omgezet kunnen worden naar standplaatscondities.

Hydrologie
Voor het in kaart brengen van de effecten van meteorologische droogte zijn peilbuizen met grondwaterstandsmetingen van belang. Deze meetreeksen moeten voldoende lang zijn om m.b.v. een simulatie te kunnen analyseren. In kwelafhankelijke gebieden is het ook belangrijk dat er metingen aanwezig zijn van het freatisch grondwater én de stijghoogte. Om duidelijk inzicht te krijgen in het functioneren van het systeem moeten deze peilbuizen geplaatst worden in de gradiënt van het natuurgebied dusdanig dat er een dwarsdoorsnede gemaakt kan worden.

Vegetatie
In het Haaksbergerveen wordt gemonitord d.m.v. transectkarteringen. Dit zorgt voor een heel uitgebreid beeld van de vegetatiesuccessie over meerdere gradiënten in het gebied. Deze informatie is nóg meer relevant zodra deze transecten ook gekoppeld kunnen worden aan grondwaterstanden. Echter is het mogelijk om met minder informatie hetzelfde doel te bereiken. Voor vervolgonderzoek is het daarom niet noodzakelijk om meerdere transectkarteringen uit te zetten om de effecten van de meteorologische droogte te bepalen (maar dit zou wel een zeer uitgebreid beeld geven van de effecten). Daarom gaat de voorkeur voor de monitoringsmethode uit naar een combinatie van permanente kwadraten (PQ) en vegetatiekartering. Hierbij heb je wél de specifieke veranderingen in de successie in beeld d.m.v. de PQ's en, complementair, een globale verandering van de patronen en oppervlaktes van de vegetatie d.m.v. de vegetatiekartering. Deze gegevens zijn beide ook eenvoudig om te zetten naar standplaatscondities en daarmee te vergelijken met peilbuisgegevens. De plaatsing van de PQ's moet, net als de peilbuizen, op de gradiënt in de vorm van een dwarsdoorsnede zodat de PQ's representatief zijn voor het hele gebied én gekoppeld kunnen worden aan de peilbuis in deze dwarsdoorsnede. Voor het koppelen van de PQ aan een peilbuis dient de PQ dicht genoeg geplaatst te worden bij de peilbuis op dezelfde hoogte in de gradiënt.

Uitwerking
Belangrijk voor de uitwerking van de methode is dat er een gradiënt wordt bepaald in het te onderzoeken natuurgebied. Deze gradiënt brengt het systeem functioneren in beeld, qua hydrologisch functioneren én de vegetatie. Binnen deze gradiënt zullen de PQ's worden gemonitord welke gekoppeld kunnen worden aan de peilbuizen die op dezelfde gradiënt aanwezig zijn. Van belang is dat de PQ's óók representatief zijn voor het natuurgebied. De PQ's worden jaarlijks gemonitord om seizoen fluctuaties en effecten van meteorologische droogte inzichtelijk te krijgen. De vegetatiekartering wordt minder vaak herhaald voor het hele gebied, of alleen de

noodzakelijk (grond)waterafhankelijke delen van het natuurgebied. De monitoringsmethode zijn in tabel 10 nogmaals overzichtelijk toegelicht.

Tabel 10: Benodigde monitoringsdata voor het in kaart brengen van meteorologische droogte.

Monitorings-methode	Plaatsing	Herhaling	Analyse-methode	Doel
Grondwaterstanden	De gradiënt in het natuurgebied, representatief voor het gehele natuurgebied	Geautomatiseerd	Menyanthes	Specifieke informatie over grondwaterstands-fluctuaties gedurende de seizoenen en het reageren hiervan op neerslagtekort en -overschot
PQ	De gradiënt in het natuurgebied, representatief voor het gehele natuurgebied, mogelijkheid om te koppelen aan peilbuisgegevens op dezelfde hoogte in de gradiënt	Jaarlijks (afhankelijk van de reactiviteit/ gevoeligheid van de vegetatie)	Turboveg	Specifieke informatie over de successie en omzetting naar standplaatscondities
Vegetatiekartering	Hele natuurgebied of alleen de noodzakelijke (grond)waterafhankelijke delen	Eens in de 6 á 10 jaar (afhankelijk van het natuurgebied)	Iteratio	Globale informatie over veranderingen in oppervlaktes

De uiteindelijke data die nodig is om de meteorologische droogte in beeld te brengen omvat ten minste; de meteorologische data van het KNMI in de vorm van neerslag- en verdampingsgegevens, hydrologische data in de vorm van grondwaterstandsreeksen en vegetatieopnames in de vorm van PQ's en vegetatiekarteringen.

Om uitspraak te doen over de meest geschikte monitoringsmethode wordt echter alsnog aanbevolen om aanvullend onderzoek te doen naar de effecten van de droogte op verschillende natuurgebieden en de daarbij aanwezige monitoringsdata.

BIJLAGE 22 – MONITORINGSMETHODEN VOOR- EN NADELEN

Tabel 11: Voor- en nadelen van de vegetatiekartering. Onderscheid in algemene voor- en nadelen en extra voor- en nadelen binnen dit onderzoek (Dolabdjian, 2018).

Vegetatiekartering		
	Voordelen	**Nadelen**
Algemeen	• Vlakdekkend inzicht in veranderingen van patronen en oppervlaktes • Veranderingen in kwaliteit en indicatiewaarden • Inzicht in successie • Vlakdekkende informatie eenvoudig te bewerken in GIS • Eenvoudige omzetting naar standplaatscondities	• Subjectieve keuzes kunnen leiden tot minder betrouwbare gegevens, verschil in interpretatie (veranderingen van typologie en begrenzingsvlakken)
Binnen het onderzoek	• Vlakdekkende informatie van standplaatscondities	• Eenvoudige omzetting naar standplaatscondities, maar vergelijking met de peilbuisgegevens is lastiger door de vergelijking met vlakdekkende- en puntinformatie • Grenzen vegetatievlakken zorgen voor onzekerheden • Lage opnamefrequentie zorgt voor weinig karteringen van voor- en na een droogteperiode

Tabel 12: Voor- en nadelen van de permanente kwadraten. Onderscheid in algemene voor- en nadelen en extra voor- en nadelen binnen dit onderzoek (Dolabdjian, 2018).

Permanente kwadraten (PQ)		
	Voordelen	**Nadelen**
Algemeen	• Betrouwbare informatie • Inzicht in successie • Nauwkeurige veranderingen van soortensamenstelling	• Beperkt zich tot puntinformatie • In stand houden PQ's kost veel geld en inzet menskracht
Binnen het onderzoek	• Makkelijke omzetting naar standplaatscondities • Vergelijking met de peilbuisgegevens is relatief eenvoudig • Puntinformatie zoals de peilbuisgegevens	• Afwezigheid van recente gegevens • Ontbreken data van meerdere PQ's om inzicht in het hele gebied te krijgen i.p.v. één deelgebied • Subtiele locatieverschillen tussen PQ's en gekoppelde peilbuis

Tabel 13: Voor- en nadelen van de transectkarteringen. Onderscheid in algemene voor- en nadelen en extra voor- en nadelen binnen dit onderzoek (Dolabdjian, 2018).

Transectkartering		
	Voordelen	**Nadelen**
Algemeen	• Betrouwbare informatie • Inzicht in successie over de hele gradiënt (pendelmechanisme) • Nauwkeurige veranderingen van soortensamenstelling	• Beperkt zich tot puntinformatie (binnen het transect) • In stand houden transect kost veel geld en menskracht
Binnen het onderzoek	• Verschillende veenmossen zijn goede indicatorsoorten	• Beperking tot de verandering van de veenmossen (is voldoende voor dit onderzoek) • Bepaling van de standplaatscondities binnen het hele transect is beperkt door alleen de veenmossen te bekijken

60273 0061