



Bosgroep Midden Nederland

ONDERZOEKCENTRUM



BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK NATUURPOTENTIES VENNEVERTLOSE BEEK



- Definitief rapport -

Opdrachtgever: Bosgroep Midden Nederland • Auteurs: 5.1.2e & 5.1.2e •
Projectnummer: PR-21.171 • Rapportnummer: RP-21.171.22.47 • Datum: 04-11-2022

BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK VENNEVERTLOSE BEEK

Definitief rapport

5.1.2e

5.1.2e



Titel rapport:

Bodem- en hydrochemisch onderzoek Vennevertlose Beek, definitief rapport

Auteurs:

5.1.2e

Rapportnummer: RP-21.171.22.47

Opdrachtgever:

Bosgroep Midden Nederland



Bosgroep Midden Nederland

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	10
2.1 Natuurontwikkeling: belang van fosfaat	10
2.2 Verschrappingsmaatregelen bij natuurontwikkeling	11
2.3 Aanvullend advies	14
3. Materiaal en methoden	18
3.1 Veldwerkzaamheden bodem- en hydrochemisch onderzoek	18
3.2 Chemische analyse	21
4. abiotiek Referentielocaties en beoogde natuurtypen	23
4.1 Toelichting referentielocaties	23
4.2 Resultaten referentiemetingen Vennevertlose Beek	25
5. Resultaten bodem- en hydrochemisch onderzoek	27
5.1 Inleiding	27
5.2 Bodemtype	27
5.3 Grondwaterstanden en waterkwaliteit	28
5.4 Algemene bodemchemie	29
5.5 Kansen voor natuurontwikkeling per locatie	32
6. SYNTHESE EN CONCLUSIES	45
7. Literatuur	52
8. Bijlagen	55
8.1 Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem	55
8.2 Bijlage 2 - Abiotische referentiedata beoogde natuurbeheertypen	56
8.3 Bijlage 3 - Bosontwikkeling	63

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

Onderzoekcentrum B-WARE is door Bosgroep Midden Nederland gevraagd om een bodem- en hydrochemisch onderzoek uit te voeren om natuurpotenties en geschikte inrichtingsmaatregelen in kaart te brengen voor een aantal (voormalige) landbouwgronden rondom de Vennevertlose Beek. Ten noordoosten van Winterswijk ligt een serie van nagenoeg aaneengesloten terreinen in eigendom van Geldersch Landschap en Kasteelen (GLK). Van oost naar west betreft het de terreinen Muggenhoek, Vennevertloo, Beerninkhoek, Masterveld en Kossink (zie Figuur 1). Al deze terreinen staan in verbinding met de Vennevertlose Beek. 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. Bosgroep Midden gebruikt de onderzoeksresultaten bij het opstellen van een inrichtingsplan ter aanvulling op de door hen uitgevoerde LESA. Met behulp van de resultaten van dit onderzoek kan de opdrachtgever gericht keuzes maken bij de gebiedsontwikkeling. Dit rapport wordt als bijlage toegevoegd aan het rapport van Bosgroep Midden.



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

Hoge nutriëntenconcentraties kunnen de ontwikkelingsmogelijkheden van verschillende vegetatietypen belemmeren. Om beter zicht te krijgen in de potenties voor de ontwikkeling van verschillende vegetatietypen werd onderzoek uitgevoerd naar de bodemchemie en grondwaterkwaliteit.

Beoogde doelen zijn de ontwikkeling van voedselarme natuurtypen (Figuur 2) als N10.01 nat schraalland, N10.02 vochtig hooiland, N06.04 vochtige heide, N11.01 droog schraalgrasland en N07.01 droge heide. Ook wordt nader ingegaan op de mogelijkheden voor bosontwikkeling op voormalige landbouwgronden. In de regio werden bodemonsters in referentiegebieden verzameld voor analyse. Op basis van grond- en oppervlaktewaterkwaliteitsmetingen in het

onderzoeksgebied is vastgesteld in hoeverre de waterkwaliteit kansen biedt of juist een knelpunt vormt voor de beoogde ontwikkeling.

Op 32 locaties op de voormalige landbouwgronden werden profielbeschrijvingen uitgevoerd en bodemonsters verzameld. Door middel van het bodemonderzoek kunnen zones/percelen in beeld worden gebracht waar door middel van een beperkte plagdiepte veel winst kan worden behaald. Tevens wordt duidelijk in welke zones/percelen een verschrallingsbeheer perspectief biedt.



Figuur 2. Vochtige heide in het Stelkampsveld (Borculo) (links, N06.04) en nat schraalland in Wittebrink (bij Doetinchem) (rechts, N10.01)) komen tot ontwikkeling onder voedselarme omstandigheden. Foto's: 5.1.2e

5.1.2e en 5.1.2e

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 verschrallingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.

Door middel van het onderzoek worden de volgende vragen beantwoord:

1. Wat zijn de bodemchemische condities op de referentielocaties?
2. Wat is de bodemopbouw op de boorlocaties?
3. Wat zijn de P-concentraties in de toplaag en wat is de verschrallingsduur voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur (hoog ambitieniveau) of bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland (lager ambitieniveau)?
4. Tot op welke diepte is de bodem verrijkt met fosfor, wat is de geadviseerde ontgrondingsdiepte voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuurtypen?
5. Zijn er mogelijkheden om natuur te ontwikkelen door middel van een beperkte ontgroning in combinatie met aanvullend verschrallingsbeheer?
6. Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen voor de ontwikkeling van de beoogde natuurbeheertypen?
7. Welke natuurpotenties zijn er concreet op basis van de bodemchemie, de grondwaterstanden en de (grond)waterkwaliteit?
8. Op welke manier kan bos worden ontwikkeld op voormalige landbouwgronden?

Het onderzoek naar de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit is gericht op de volgende vraag:

9. Biedt de waterkwaliteit kansen voor de beoogde ontwikkeling op de voormalige landbouwgronden of vormt deze een knelpunt?

Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de verschravingsmogelijkheden 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 en worden door de Bosgroep Midden gewaarborgd bij het opstellen van een inrichtingsplan. 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 ontgroning 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

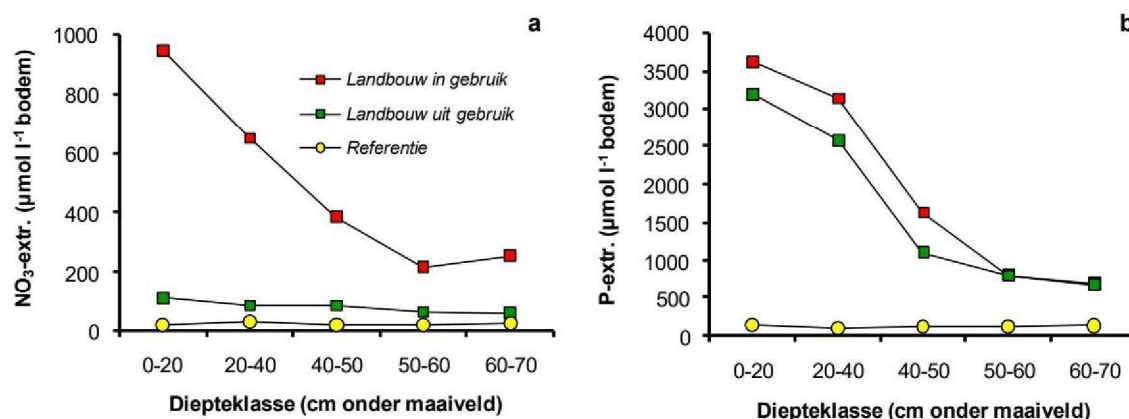
In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden en in hoofdstuk 3 worden de toegepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 4 worden de onderzochte referentielocaties besproken. De resultaten van het bodemchemisch en hydrochemisch 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).

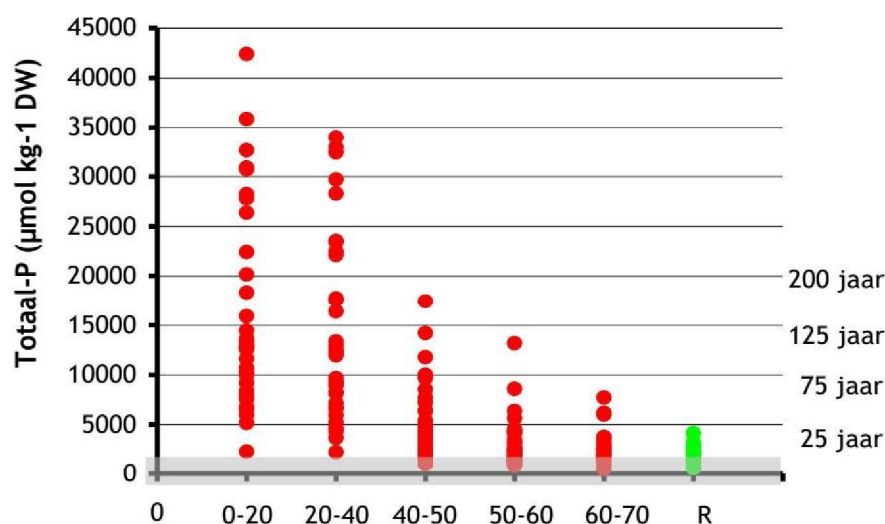


Figuur 3. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de 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 Verschrallingsmaatregelen 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).

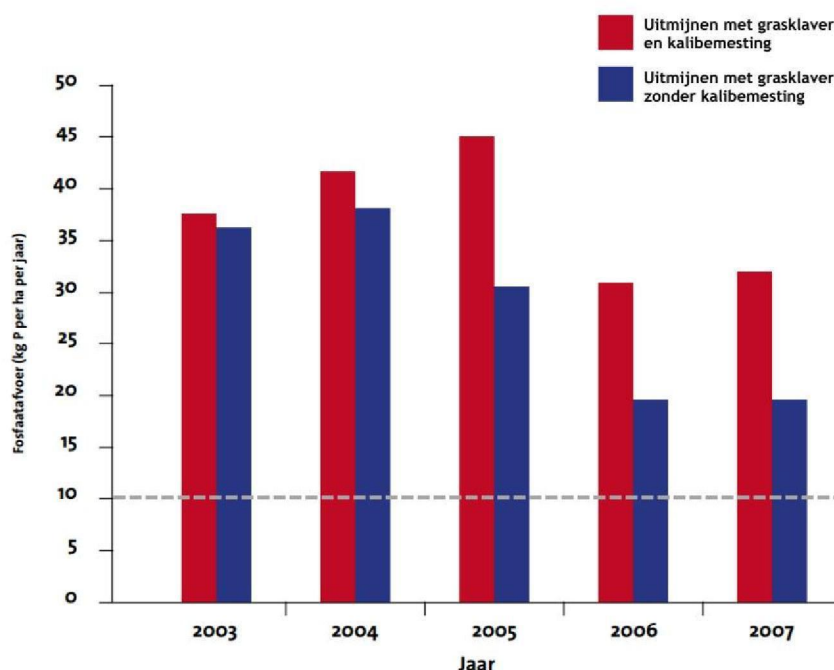
Intensief beheer met maaien en afvoeren

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 verschrallingsduur 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 per 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 ($(0,5/10) \times 100$). 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 ($(0,5/5) \times 100$). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschrallingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschrallingsduur 10-20% lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschralling in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschrallingsduur eerder hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschrallingsduur. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 3 mmol/l. Voor uitmijnen kan de verschrallingsduur op dezelfde wijze berekend worden, maar dan wordt uitgegaan van een P-afvoer van 40 kg hectare per jaar. Wanneer aanvullend verschrallingsbeheer 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 verschrallingsduur via maaien en afvoeren is 4 keer zo lang als de duur via uitmijnen. Voor het berekenen van de totale verschrallingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschrallingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld.

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschralling 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 verschrallingsniveau 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).

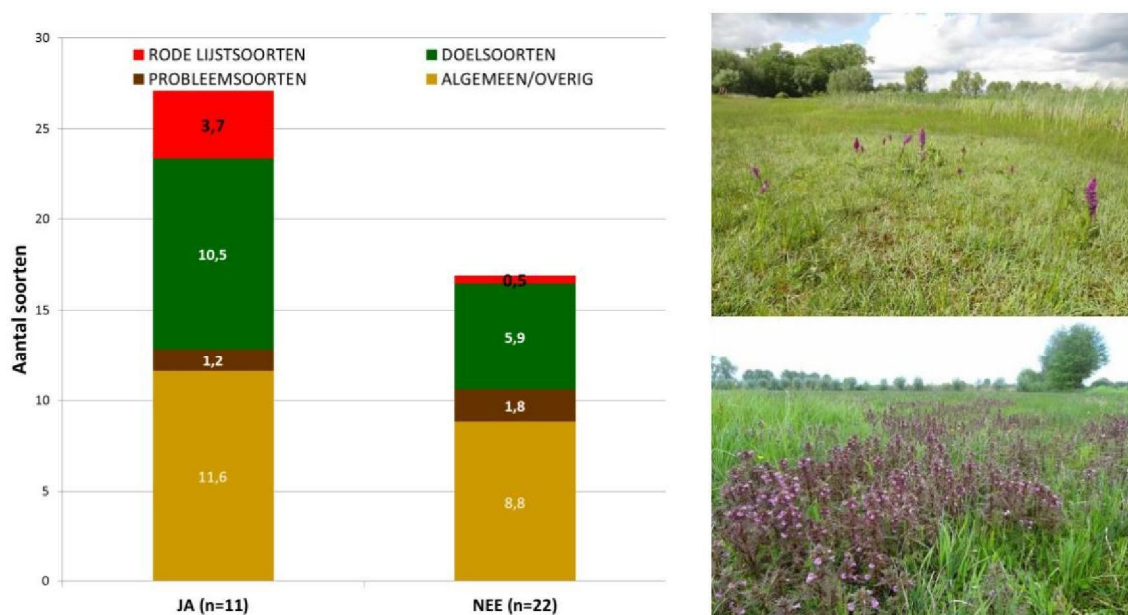
Ontgronden

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 ontgroning 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 ontgroning 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 verschrallingbeheer te plegen door middel van maaien en afvoeren. Begrazen houdt het terrein wel open maar leidt nauwelijks of niet tot een verdere verschralling 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 m² vers verzameld maaisel over 1(-2) m² 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 m² verspreiden over 15-25 m²) 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 ($> 40 \mu\text{mol/l}$ in het oppervlaktewater) en P-concentraties ($> 350 \mu\text{mol/l}$ Olsen-P in de bodem) nog te hoog zijn en/of voldoende CO_2 beschikbaar is ($> 200 \mu\text{mol/l}$). 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

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 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. 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. 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.

Tabel 1. Gemiddelde hoogste (GHG) en laagste (GLG) grondwaterstand, pH-H₂O 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-H ₂ O	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)
		20+ tot 0 mv	10+ tot 50- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
Moeras	Grote zeggenmoeras	20+ tot 0 mv	10+ tot 40- mv	>5	-	-
	Rietmoeras	10+ tot 0 mv	40- tot 80- mv	<5	200-600	1-5
Hoog- en laagveenbos	Berkenbroekbos	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	300-800 (tot 1200)	5-20 (tot 50)
	Elzenbroekbos					

3. MATERIAAL EN METHODEN

3.1 Veldwerkzaamheden bodem- en hydrochemisch onderzoek

Bodemmonstername

Op 7-8 maart 2022 werden op 28 locaties boringen gezet tot op 150 cm-mv. Op 12 april 2022 zijn nog 4 aanvullende boringen gezet binnen het onderzoeksgebied. 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 ligging van de monsterlocaties en verdeling in deelgebieden wordt weergegeven in Figuur 9. 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. De 4 aanvullende boringen zijn uitgevoerd door B-WARE waarbij het bodemprofiel globaal is beschreven.

Tabel 2. Overzicht van de monsterdatum, coördinaten, maaiveldhoogte (m N.A.P.), landgebruik, actuele grondwaterstand (GWS; 7-8 maart 2022), gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) per locatie. nw = niet waargenomen in het bemonsterde profiel. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 9 en Figuur 10.

LOCATIE	DATUM	X	Y	MVH	MVTYPE	GWS	GHG	GLG
1	8-3-2022	252541	446066	41,837	gras	125	90	150
2	8-3-2022	252642	445954	42,887	gras	120	100	>150
3	8-3-2022	252547	445818	40,583	gras	10	0	50
4	8-3-2022	251381	445588	39,163	gras	130	90	>150
5	8-3-2022	251410	445721	37,976	gras	55	30	110
6	8-3-2022	251466	445647	38,182	gras	65	40	105
7	8-3-2022	251555	445723	38,228	gras	50	20	90
8	8-3-2022	251539	445624	38,224	gras	70	50	120
9	8-3-2022	251546	445492	39,111	gras	60	50	110
10	7-3-2022	251098	445631	37,814	gras	50	20	140
11	7-3-2022	251147	445517	39,839	gras	110	95	140
12	7-3-2022	250958	445725	37,104	gras	120	70	150
13	7-3-2022	250880	445652	37,651	gras	120	70	>150
14	8-3-2022	250343	445891	37,071	gras	75	50	115
15	8-3-2022	250367	445843	37,392	gras	70	50	110
16	8-3-2022	250282	445870	38,38	gras	nw	120	>150
17	7-3-2022	250794	445890	36,681	gras	70	30	100
18	7-3-2022	250882	445821	36,869	gras	70	40	110
19	7-3-2022	250903	445913	36,755	gras	65	30	80
20	7-3-2022	250984	445852	37,465	gras	40	10	100
21	7-3-2022	251046	445988	37,506	gras	70	40	130
22	7-3-2022	251113	446077	37,862	gras	90	60	140
23	8-3-2022	250596	445864	37,592	gras	80	50	110
24	7-3-2022	251608	444909	40,925	gras	60	30	100
25	8-3-2022	250542	445621	39,635	gras	nw	130	>150

26	8-3-2022	250648	445670	37,696	gras	80	50	120
27	7-3-2022	250774	445572	37,896	gras	75	50	130
28	7-3-2022	253565	445902	44,282	heide	30	0	140
5A	12-4-2022	252630	445877	-	gras	80	nw	nw
31	12-4-2022	251599	444859	-	gras	110	nw	nw
32	12-4-2022	251496	444708	-	gras	110	nw	nw
36	12-4-2022	252516	445672	-	gras	80	nw	nw

Tabel 3. Overzicht van de oppervlakte- en grondwatermonsters. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 10.

LOCATIE	DATUM	X	Y
GW1	6-4-2022	251125	445670
OW2	6-4-2022	251129	445700
OW3	6-4-2022	251537	444847
OW4	6-4-2022	253532	445753

Tabel 4. Overzicht van de bemonsterde referentielocaties. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 10.

LOCATIE	DATUM	X	Y	DIEPTE (CM)	TOELICHTING
REF 1	6-4-2022	251307	445906	0-15 cm	Groeiplaats kleine valeriaan en stijve zegge
REF 2	6-4-2022	251125	445670	0-15 cm	Goed ontwikkeld eiken-haagbeukenbos
REF 4	6-4-2022	252539	445776	0-15 cm	Moeraszegge
REF 30	6-4-2022	253493	445928	0-15 cm	Vochtige heide / zwak gebufferd ven
REF 33	6-4-2022	251439	444746	0-15 cm	Redelijk goed ontwikkeld beuken-eikenbos
REF 34	6-4-2022	250951	445578	0-15 cm	Eiken-haagbeukenbos
REF 35	6-4-2022	250625	445784	0-15 cm	Vogelkers-essenbos

De globale bemonsteringsstrategie was:

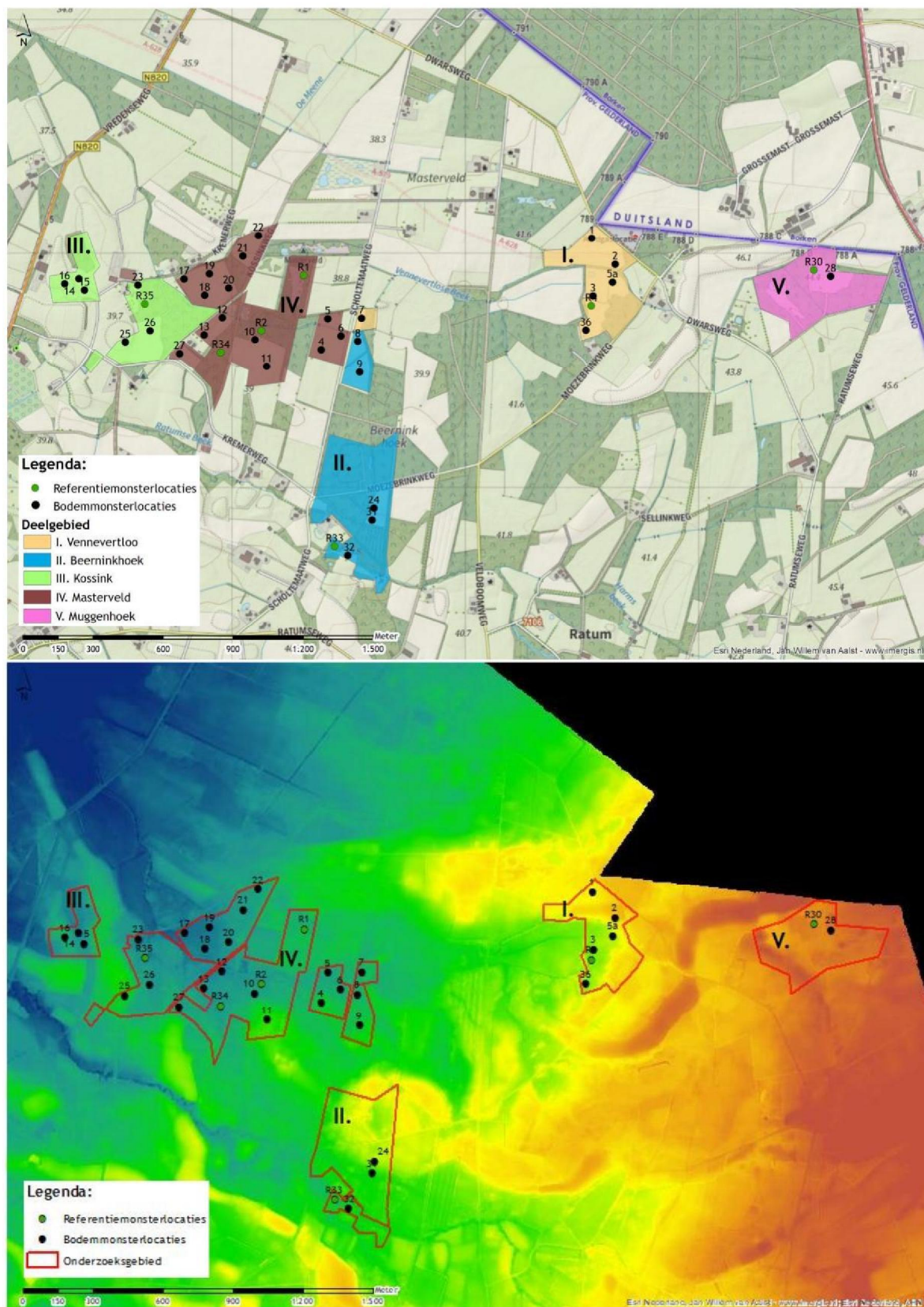
- 0-20 cm-mv;
- Restant bouwvoor;
- 0-10 cm onder bouwvoor;
- 10-20 cm onder bouwvoor.

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. In totaal zijn 118 bodems geselecteerd voor de basisanalyses (drogen, verassen, destructie, Olsen-extractie) en 74 voor de zoutextractie;

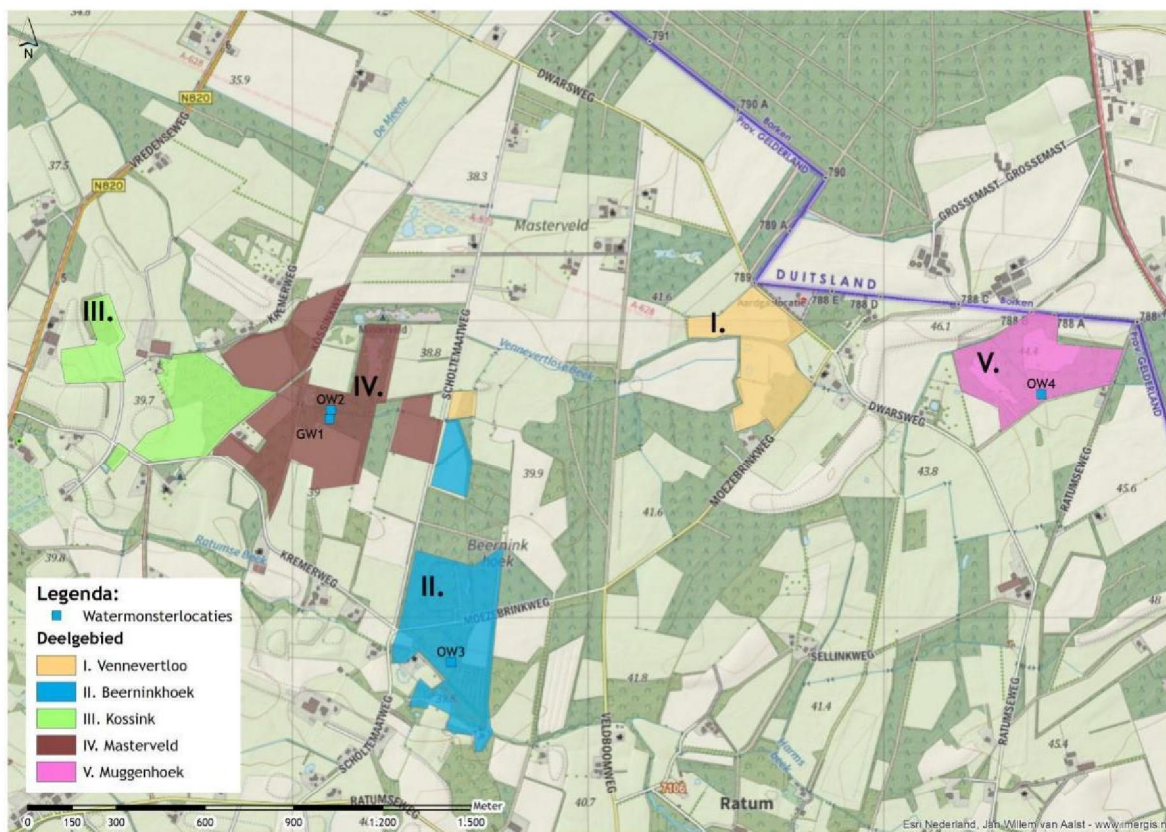
Op 1 locatie (GW1) is een monster verzameld van het freatische grondwater uit het boorgat met behulp van een keramische cup (lysimeter). Daarnaast zijn er op drie plekken oppervlaktewatermonsters verzameld in de Vennevertlose Beek (OW2-OW4). De watermonsters zijn verzameld op 12 april 2022.

Op 7 door de opdrachtgever geselecteerde referentielocaties (vochtige heide, beuken-eikenbos, eiken-haagbeukenbos en vogelkers-essenbos) zijn door Onderzoekcentrum B-WARE op 6 april 2022 bodemonsters verzameld van de toplaag (0-15 cm-mv; mengmonster van 3 steken).

De bodem- en watermonsters werden vervoerd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. In paragraaf 3.2 worden de analysemethoden nader toegelicht.



Figuur 9. Overzicht van de ligging van de bodem- en referentielocaties in de deelgebieden in het onderzoeksgebied op een topografische kaart (boven) en hoogtekaart (onder).



Figuur 10. Overzicht van de ligging van de watermonsterlocaties in de deelgebieden in het onderzoeksgebied.

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 (NaHCO₃) 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 (HNO₃, 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H₂O₂, 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestruerd 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 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.

Analyse grondwater, oppervlaktewater en poriewater

De pH werd gemeten met een standaard Ag/AgCl₂-elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (CO₂ en HCO₃⁻) 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 (NO₃⁻) en ammonium (NH₄⁺) werden colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyzer III met behulp van respectievelijk salicylaatreagens en hydrazinesulfaat. Chloride (Cl⁻) en fosfaat (PO₄³⁻) 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 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 Toelichting referentielocaties

In het onderzoeksgebied werden bodemmonsters verzameld van goed ontwikkeld eiken-haagbeukenbos, beuken-eikenbos, moeraszegge en vochtige heide/zwak gebufferd ven en de beek waar een van de oppervlaktewatermonsters is genomen (zie Figuur 11; Figuur 12). Zie Figuur 9 en Figuur 10 voor de ligging van de locaties.



Figuur 11. Impressie van referentielocatie 2 en 34 (eiken-haagbeukenbos). Foto's: Sasha Koning.



Figuur 11 - vervolg. Impressie van referentielocatie 1 (groeiplaats voor kleine valeriaan en stijve zegge).
Foto's: 5.1.2e



Figuur 11 - vervolg. Impressie van referentielocatie 33 (beuken-eikenbos). Foto's: 5.1.2e



Figuur 11 - vervolg. Impressie van referentielocatie 4 (moeraszegge). Foto's: 5.1.2e



Figuur 11 - vervolg. Impressie van referentielocatie 30 (vochtige heide/zwak gebufferd ven). Foto's: 5.1.2e



Figuur 12. Impressie van de beek bij oppervlaktewaterlocatie OW3. Foto: 5.1.2e

4.2 Resultaten referentiemetingen Vennevertlose Beek

In Tabel 5 staan de resultaten van de bodemchemische analyses op de referentielocaties vermeld. Zie Tabel 4 voor een beknopte omschrijving van de referentielocaties, Figuur 11 voor foto's van de locaties en Figuur 9 voor de ligging van de monsterpunten.

Tabel 5. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) (in cm onder maaiveld) op de referentielocaties bij Vennevertlose Beek. 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, M5 = berekende verschrallingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 500 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l). 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	<1	<50	0	voldoende P-arm
6-10	151-250	10-20	4001-8000	41-100	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschralling 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 verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	251-500	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	501-800	31-50	401-800	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>800	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschralling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschralling II

Nr	Diepte	Toelichting	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	M5
R1	0-15	Groeiplaats kleine valeriaan en stijve zegge	14	33	0,7	586	2,8	133	5	23	3	5	8	2476	1685	1,47	481	1046	3,1	37	3,0	11	386	10
R2	0-15	Goed ontwikkeld eiken-haagbeukenbos	4	21	1,3	794	4,7	515	21	328	25	48	6	2822	8841	0,32	1319	1867	3,6	68	2,8	414	169	8
R4	0-15	Moeraszegge	5	29	1,0	749	16,7	264	55	831	4	20	7	129	16476	0,01	245	2066	5,1	98	0,6	41	126	26
R30	0-15	Vochtige heide / zwakgebufferd ven	2	24	1,3	211	1,7	304	15	49	7	14	6	1057	1240	0,85	484	176	3,9	35	0,7	12	67	11
R33	0-15	Redelijk goed ontwikkeld beuken-eikenbos	14	30	0,5	3467	15,2	149	8	74	9	12	12	1499	2184	0,69	628	538	2,9	44	54,2	185	167	57
R34	0-15	Eiken-haagbeukenbos	7	24	1,1	1188	6,5	367	11	387	25	35	9	4454	3143	1,42	1339	1076	3,5	39	0,5	453	141	17
R35	0-15	Vogelkers-essenbos	11	35	0,9	1840	4,7	166	9	60	6	9	10	2258	3074	0,73	1067	872	3,2	46	6,8	132	443	8

De bodem op locaties R1 (vochtig berkenbos), R33 (beuken-eikenbos) en R35 (vogelkers-essenbos) is zwak calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (5-9 mmol/l Ca-t; 1685-3074 µmol/l Ca-z; 23-74 mmol/l Fe-t). Locatie R34 (eiken-haagbeukenbos) is ook zwak gebufferd, maar de ijzerconcentratie is hoger (11 mmol/l Ca-t; 3143 µmol/l Ca-z; 387 mmol/l Fe-t). Dit past bij dergelijke bosontwikkeling. Op locatie R1 (vochtig berkenbos), R2 (eiken-haagbeukenbos), R34 (eiken-haagbeukenbos) en R35 (vogelkers-essenbos) is de bodem beperkt slechts (zeer) beperkt verrijkt met fosfaat (586-1840 µmol/l Olsen-P; 2,8-4,7 mmol/l P-t). De totaal-P voorraad is laag. Op locatie R33 (beuken-eikenbos) is de bodem rijk aan fosfaat (3467 µmol/l Olsen-P; 15,2 mmol/l

P-t). Ook de labiel P concentratie (P-z) is verhoogd op deze locatie (54,2 $\mu\text{mol/l}$). Locatie R2 is gelegen in een goed ontwikkeld eiken-haagbeukenbos. De bodem is matig calcium- en ijzerhoudend (21 mmol/l Ca-t; 8841 $\mu\text{mol/l}$ Ca-z; 328 mmol/l Fe-t). De pH-z is (zeer) laag in alle bemonsterde boslocaties (R1, R2, R33, R34, R35): 2,9 - 3,6.

R4 is gelegen op een locatie waar moeraszegge is gevestigd. De bodem is sterk calciumhoudend en ijzerrijk (55 mmol/l Ca-t; 16476 $\mu\text{mol/l}$ Ca-z; 831 mmol/l Fe-t). Ook is de bodem relatief P-arm en daarmee geschikt als dotterbloemhooiland/vochtig hooiland (749 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P; 16,7 mmol/l P-t).

Locatie R30 is gelegen in vochtige heide / zwakgebufferd ven en dit is terug te zien in de zwak-matig calcium- en ijzerhoudende bodem (15 mmol/l Ca-t; 1240 $\mu\text{mol/l}$ Ca-z; 49 mmol/l Fe-t). De pH-z is 3,9. De bodem is fosfaatarm (211 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P; 1,7 mmol/l P-t).

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 aandachtspunten bij natuurontwikkeling gegeven.

5.2 Bodemtype

De bodem in het onderzoeksgebied bestaat voornamelijk uit zand. Lokaal zijn lemige lagen aangetroffen (locaties 1, 3, 5a, 10, 28, 31, 32 en 36). De dikte van de bouwvoor varieert van circa 15-60 cm, maar is overwegend 30 cm. Onder de bouwvoor is lokaal een verstoorde A, AB of AC horizont aangetroffen. De C horizont wordt vaak op 45-55 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 13. Foto's van de bodemprofielen op de locaties 1 (linksboven), 21 (rechtsboven), 24 (linksonder), 28 (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 natte natuurgebeeltypen 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) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) varieert aanzienlijk in het onderzoeksgebied. In deelgebied I varieert de GHG van 0-100 cm-mv en de GLG van 50->150 cm-mv. In deelgebied II is de variatie wat minder groot, de GHG ligt hier tussen 30 en 50 cm-mv en de GLG tussen 100 en 120 cm-mv. In deelgebied III varieert de GHG van 50-130 cm-mv en de GLG van 110->150 cm-mv. In deelgebied IV ligt de GHG tussen 10 en 95 cm-mv en de GLG tussen 80 en 150 cm-mv. In deelgebied V, op locatie 28, is de GHG 0 cm-mv en de GLG 140 cm-mv.

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. Zie Tabel 2 voor een overzicht per locatie. Bij de adviezen per locatie zullen de grondwaterstanden worden meegenomen bij de interpretatie (qua natuurpotenties).

Waterkwaliteit

De grondwaterkwaliteit is van invloed op de vegetatieontwikkeling in een gebied. Voor de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke (zwak)gebufferde natuurgebeeltypen is vooral de mate van buffering van het grondwater relevant.

Wanneer het grondwater niet hoog en/of lang genoeg in de toplaag van de bodem doordringt om aanrijking van de basenvoorraad te bewerkstelligen ter compensatie van de zuurvorming die plaatsvindt als gevolg van oxidatieprocessen in de toplaag (de vereiste periode is afhankelijk van de buffering en de Ca+Mg-concentraties van het grondwater) zal de bodembuffering afnemen. Zowel de mate van buffering van het grondwater als het aantal weken dat grondwater in het maaiveld uittreedt, is hierop van invloed. Een goede parameter voor de mate van buffering is de bicarbonaatconcentratie (HCO_3^-) van het grondwater. Wanneer tevens ijzer wordt aangevoerd kan dit leiden tot fosfaatimmobilisatie.

Voor het (indicatieve) hydrochemische onderzoek werden enkele grond- en oppervlaktewatermonsters in het gebied verzameld en geanalyseerd (zie Tabel 3 en Figuur 10). De resultaten worden weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6. Kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater in het onderzoeksgebied Vennevertlose Beek. De concentraties zijn weergegeven in $\mu\text{mol/l}$. EGV = Elektrisch Geleidingsvermogen in $\mu\text{S/cm}$ en Fe/P ratio in mol/mol. De monsters zijn op 06-04-2022 verzameld.

Code	Type	pH	Alk	EGV	CO_2	HCO_3^-	Al	Ca	Fe	Fe/P	Mg	P	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{3-}	Na^+	K^+	Cl^-
GW 1	GW	6,9	4,3	2860	1165	3813	12	12290	8	8	1822	1,0	9094	269,4	5,3	0,12	5471	75	11424
OW 2	OW	7,2	2,1	433	254	1812	12	1701	11	8	278	1,4	602	572,1	17,9	0,05	650	172	624
OW 3	OW	6,8	1,3	188	421	1019	13	783	21	6	187	3,8	164	102,2	6,4	0,72	240	74	215
OW 4	OW	6,6	1,5	439	675	1231	24	1664	7	5	266	1,3	630	822,9	2,8	0,37	583	259	838

Het freatische grondwater in het onderzoeksgebied op locatie GW1 (goed ontwikkeld eikenhaagbeukenbos) is gebufferd (pH 6,9; $3813 \mu\text{mol/l HCO}_3^-$) en P-arm. Daarnaast is het grondwater

ijzerarm (8 $\mu\text{mol/l}$), nitraatrijk (269 $\mu\text{mol/l}$) en zeer sulfaatrijk (9094 $\mu\text{mol/l}$). Het grondwater toont een opvallend hoge chlorideconcentratie (11424 $\mu\text{mol/l}$). Verontreiniging door de landbouw kan een rol spelen, al is het wat vreemd dat we dat niet terugzien in de oppervlaktewatermonsters. In het gebied komen mariene afzettingen van de Formate van Rupel al vanaf 1,2 m-mv voor. Dit zien we vooral terug in de extreem hoge sulfaat en calciumconcentraties na de extreem droge zomer. Droogval van deze laag leidt tot pyrietoxidatie en mobilisatie van sulfaat en calcium.

Wanneer we kijken naar de waterkwaliteit van de beek (OW2) en zijgreppels (OW3 en OW4) dan zien we dat er sprake is van fosfaatarm (0,05-0,72 $\mu\text{mol/l PO}_4^{3-}$) oppervlaktewater. Daarnaast is het oppervlaktewater matig tot goed gebufferd (pH 6,6-7,2, alkaliniteit 1,3-2,1 meq/l, 1019-1813 $\mu\text{mol/l HCO}_3^-$). Op locaties OW2 en OW4 zijn de sulfaat- en nitraatconcentraties van het oppervlaktewater verhoogd (602-630 $\mu\text{mol/l}$; 572,1-822,9 $\mu\text{mol/l}$). De chlorideconcentraties zijn ook aan de hoge kant op deze locaties (624-838 $\mu\text{mol/l}$).

5.4 Algemene bodemchemie

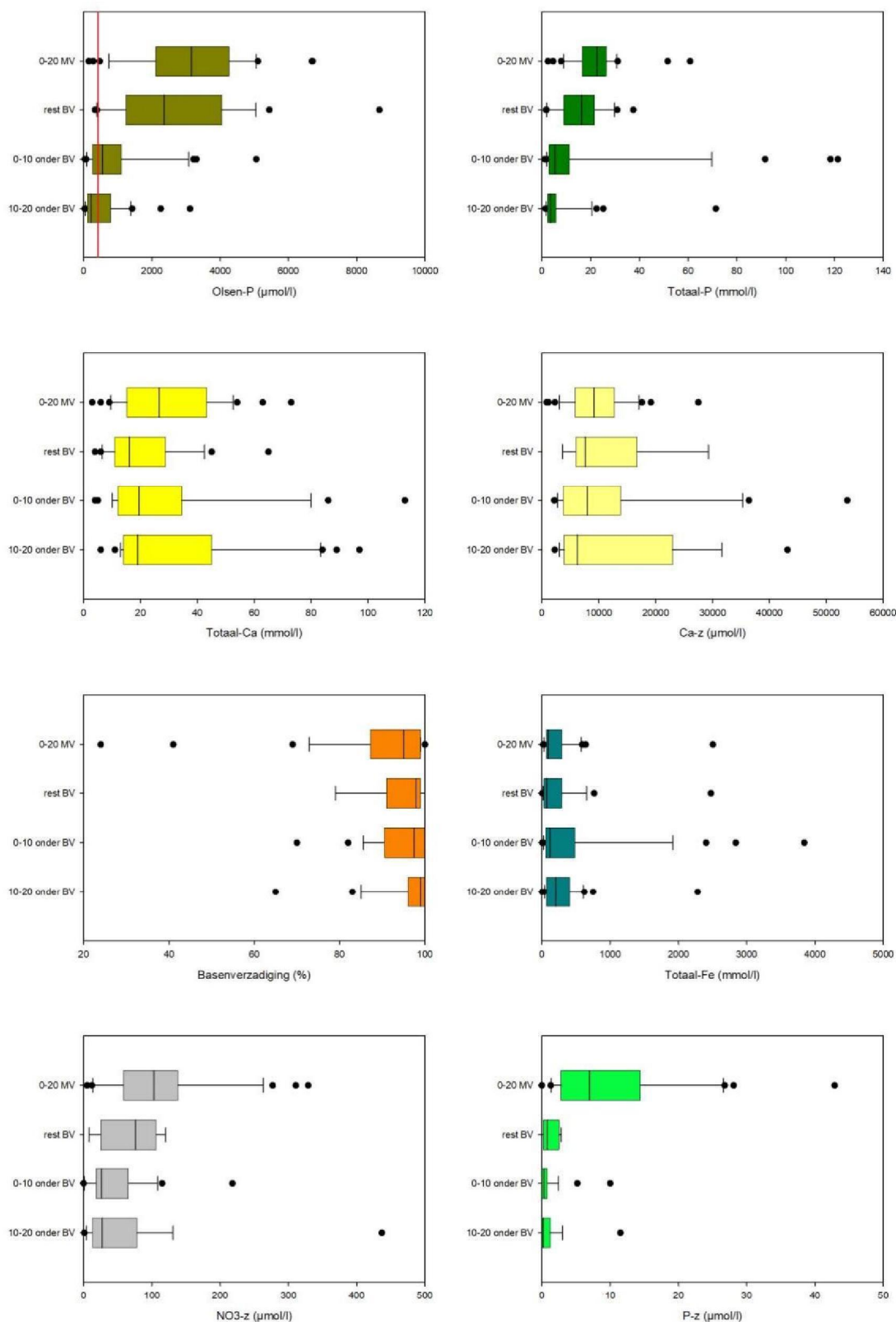
Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid voldoende laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P concentratie een maat is voor de voor planten beschikbare 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). Zie bijlage 8.2 voor meer informatie over deze natuurtypen en bijlage 8.3 over bosontwikkeling op landbouwgronden:

- Heide: 100-500 $\mu\text{mol/l}$ bodem (totaal-P veelal <2,5 mmol/l), soortenrijk bij Ca-z $\pm 1500-4000 \mu\text{mol/l}$, pH-z >3,5, Al/Ca <2, $\text{NH}_4\text{-z}$ <200 $\mu\text{mol/l}$);
- Droog schraalland: (<)200-500 $\mu\text{mol/l}$ bodem (Ca-z $\pm 4000-8000 \mu\text{mol/l}$, pH-z >3,5, Al/Ca <1-2 en basenverzadiging >30%);
- Vochtig heischraalgrasland: 100-400 $\mu\text{mol/l}$ bodem (Ca-z 4.000-10.000 $\mu\text{mol/l}$);
- Blauwgrasland: 200-500 $\mu\text{mol/l}$ bodem (Ca-z 10.000-30.000 $\mu\text{mol/l}$);
- Vochtig hooiland: <300-500(-800) $\mu\text{mol/l}$ bodem (Ca-z 10.000-50.000 $\mu\text{mol/l}$), veelal (zeer) ijzerrijk;
- Kruiden- en faunarijk grasland: >1200 $\mu\text{mol/l}$ bodem (mits P-z < 2 $\mu\text{mol/l}$ en nitraat <100 $\mu\text{mol/l}$).

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 14). 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 specifiek op worden ingegaan per locatie.



Figuur 14. 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=32), het restant bouwvoor (n=24), 0-10 cm onder de bouwvoor (n=32), 10-20 cm onder de bouwvoor (n=31). 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 rode streep geeft 500 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P aan.

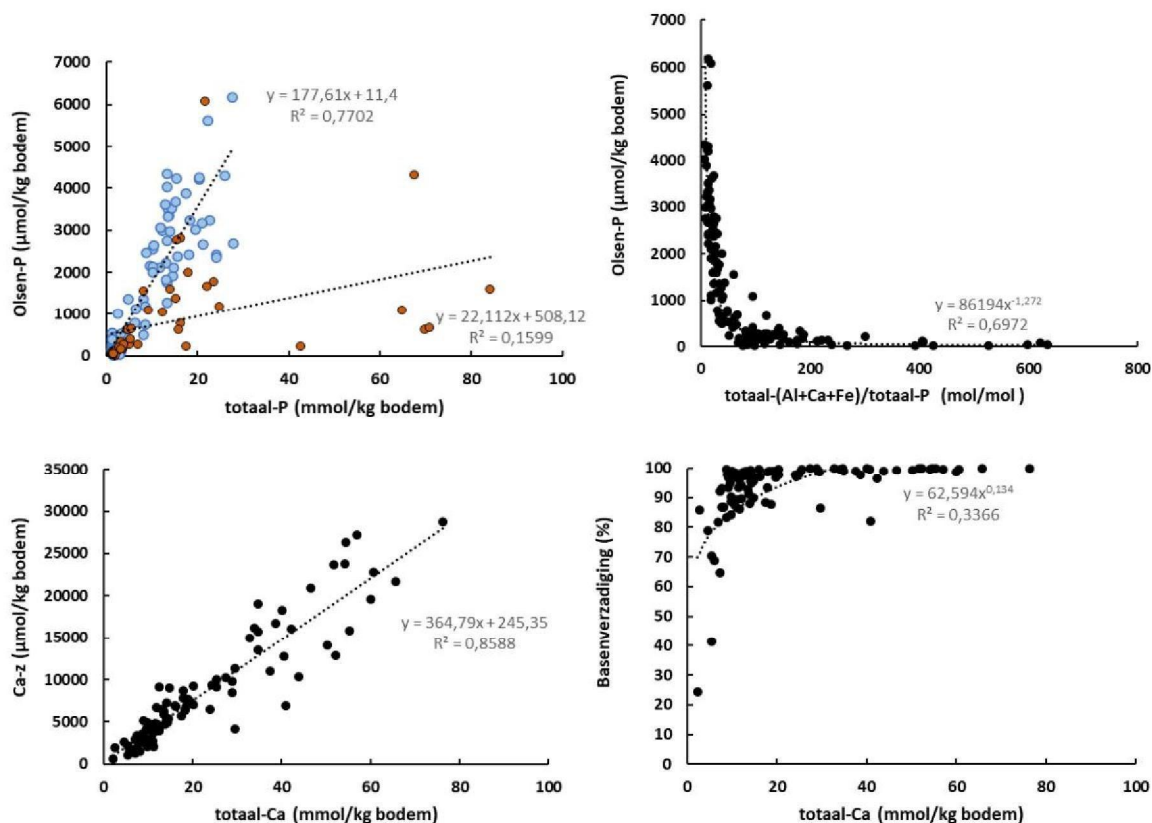
Wat opvalt, is dat de toplaag van de bodems verrijkt is met fosfaat (plantbeschikbaar fosfaat: ca. 2100-4200 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 16-26 mmol/l totaal-P). De P-concentraties nemen af in de diepte, hoewel in de onderkant van de bouwvoor nog nauwelijks lagere P-concentraties worden gemeten. Onder de bouwvoor zijn de P-concentraties fors lager, maar lokaal nog altijd hoger dan de streefconcentratie van circa 500 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P. Dit duidt erop dat de bodem onder de bouwvoor lokaal verstoord is in het verleden (mogelijk is er incidenteel dieper geploegd) of dat er sprake 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).

Wanneer P-arme condities worden gecreëerd op de voormalige landbouwgronden zal de bodem een hogere basenverzadiging en hogere concentraties totaal en uitwisselbaar calcium hebben in vergelijking met de huidige referentielocaties binnen het onderzoeksgebied Vennevertlose Beek. De toplaag van de bodems is licht verrijkt met calcium, waarschijnlijk als gevolg van bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik. In de onderkant van de bouwvoor zijn de concentraties iets lager dan in de toplaag (Figuur 14).

Op de lange termijn is het van belang dat de bodems niet (verder) uitlozen als gevolg van zure depositie (droge locaties; ook N-verrijking is ongewenst) en dat er eventueel aanrijking van basen via het grondwater plaatsvindt op plekken waar vochtige tot natte natuur wordt ontwikkeld. Het is lastig om deze periode te kwantificeren.

Bodemcorrelaties

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. De concentratie Olsen-P (plantbeschikbaar fosfaat) neemt toe bij een toename van de totale P-voorraad in de bodem, maar de variatie is groot. Bij Fe-rijke bodems is de P-beschikbaarheid lager in vergelijking met P-armere bodems.



Figuur 15. Correlaties tussen enkele bodemchemische variabelen in het onderzoeksgebied. In de Olsen-P vs tot-P plot zitten 2 lijnen: Fe-armere (<250 mmol/l; blauwe stippen) en Fe-rijkere (>250 mmol/l; rode stippen) bodems.

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 $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ (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 15, rechtsboven) ten opzichte van totaal-P, is de P-beschikbaarheid voor planten lager.

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 organische stofgehaltenes ook hogere concentraties zoutuitwisselbaar calcium (Ca-z) gemeten. In niet tot zwak gebufferde bodems kan de bodem in de aluminiumbufferrange ($\text{pH}_w < 4,5$) 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 20 mmol/l neemt de basenverzadiging steeds verder af (Figuur 15, rechtsonder).

Voor de mate van buffering is de concentratie zoutuitwisselbaar calcium zeer indicatief. In het gebied correleert de hoeveelheid zoutuitwisselbaar calcium met de totaal-calcium concentraties (Figuur 15, linksonder).

5.5 Kansen voor natuurontwikkeling per locatie

De kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de Olsen-P en totaal-P concentraties in de bodem (zie Hoofdstuk 2). In deze paragraaf worden per locatie de belangrijkste bodem- en hydrochemische 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. Dit neemt Bosgroep Midden mee bij het opstellen van een inrichtingsplan.

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 of vindt men de vereiste maatregelen te ingrijpend en zet men in op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland op de huidige toplaag? Zie 8.3 voor meer informatie over bosontwikkeling op voormalige landbouwgronden. 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.

Tabel 7. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied I Vennevertloot. 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/M15 = berekende verschrallingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 500/1500 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschrallingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschrallingsduren 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	NO ₃ -z	Maaien en afvoeren (M)
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren
<5	<150	<10	<4000	<40	<1	<50	0 voldoende P-arm
6-10	151-250	10-20	4001-8000	41-100	2-5	51-100	<10 kansrijk voor verschralling 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 verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	251-500	11-30	201-400	41-80 kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	501-800	31-50	401-800	81-200 matig tot beperkt kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>800	51-100	801-1200	201-400 ongeschikt voor verschralling I
					>100	>1200	>400 ongeschikt voor verschralling II

Deelgebied I Vennevertloot

Nr	GWS	GHG	GLG	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	P-t	Pbs	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	M5	M15	
1	125	90	150	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	6	19	1,2	3773	24,4	0,15	209	37	59	8	16	4	51	14074	0,00	540	3084	5,2	99	26,0	12	107	131	82	
				20-35	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	17	1,2	3094	24,7	0,13	219	40	73	10	18	4												97	60
				35-45	Zand, matig siltig	BC	2	14	1,5	1011	7,4	0,14	375	27	96	10	28	0	37	9441	0,00	1298	3017	5,5	99	0,8	0	23	12	0	
				45-55	Leem	C	3	18	1,4	104	1,6	0,07	487	50	438	32	60	0	31	27368	0,00	4538	10685	5,2	100	0,7	13	34	0	0	
2	120	100	>150	0-20	Zand, matig siltig en humeus, podzol	AP	6	15	1,1	4316	19,4	0,22	113	27	65	4	9	3	64	10350	0,01	266	1907	4,8	97	26,8	231	173	81	79	
				20-40	Zand, matig siltig en humeus	AP	7	16	1,1	3456	13,4	0,26	119	25	66	4	8	2												65	47
				40-60	Zand, matig siltig en humeus	AP	7	19	1,2	1567	5,5	0,29	84	15	30	2	4	1	67	10511	0,01	241	2501	4,8	98	1,5	78	43	16	1	
				60-75	Zand, matig siltig	EB	1	15	1,4	787	1,9	0,42	51	4	10	4	2	0	158	2819	0,06	283	698	4,6	86	1,0	35	38	0	0	
				75-85	Zand, matig siltig	B	2	16	1,4	551	1,8	0,31	180	6	70	7	7	0												0	0
				0-15	Leem, uiterst zandig	A	7	23	1,2	282	51,6	0,01	154	73	2505	3	14	1	32	27498	0,00	168	1628	5,7	100	0,0	0	58	0	0	
3	10	0	50	15-25	Zand, matig siltig	C	1	15	1,6	69	4,6	0,01	126	32	236	8	18	0	0	14384	0,00	238	1057	5,9	100	0,0	0	60	0	0	
				25-35	Zand, matig siltig	C	0	15	1,5	33	2,5	0,01	110	28	102	8	17	0												0	0
				35-45	Zand, matig siltig	C	0	16	1,5	34	2,7	0,01	106	26	75	8	18	0												0	0
				0-20	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	6	25	1,1	3537	23,5	0,15	269	21	135	9	22	7	238	7615	0,03	235	2200	4,6	88	3,4	60	287	126	84	
7	50	20	90	20-30	Zand	C	1	14	1,6	345	5,8	0,06	214	23	351	16	33	0	127	8661	0,01	636	4661	4,7	96	0,0	0	109	0	0	
				30-40	Zand	C	1	15	1,5	224	4,0	0,06	178	21	316	14	30	0	42	7195	0,01	761	3692	4,9	98	0,5	6	32	0	0	
				40-50	Zand	C	1	16	1,4	260	4,2	0,06	157	20	445	12	28	0											0	0	
				0-20	Bv	AP	11	38	0,9	3878	60,8	0,06	307	54	535	5	14	17	19	17598	0,00	226	1690	5,2	99	5,3	34	220	331	233	
5a	50			20-30	Inspeelingslaag met bruin leemig fijn zand	-	7	28	1,3	822	91,6	0,01	551	86	2841	3	22	8	18	28408	0,00	95	3154	5,2	100	0,7	218	37	112	0	
				30-40	Inspeelingslaag met bruin leemig fijn zand	-	6	32	1,1	1206	71,4	0,02	485	84	2282	4	26	6	32	31632	0,00	37	4886	5,4	100	0,2	86	22	131	0	
				40-50	Leemig grijs zand, met sporadisch wat roestvlekken	-	2	23	1,5	1536	18,1	0,08	231	37	438	6	22	4	97	14735	0,01	246	2061	5,4	99	1,4	64	25	38	1	
				0-20	Bv	AP	8	34	1,0	2319	23,8	0,10	400	41	135	5	19	14	128	17569	0,01	179	568	4,7	96	2,4	81	362	116	52	
36	80			20-30	Inspeelingslaag	-	2	18	1,5	405	7,6	0,05	397	51	444	10	31	4	28	24139	0,00	192	1749	5,1	100	0,2	69	56	0	0	
				30-40	Sterk leemige laag zand	-	1	20	1,5	365	5,8	0,06	285	51	434	14	37	2	6	22940	0,00	214	1697	5,5	100	0,3	40	60	0	0	
				40-50	Leemig zand	-	1	20	1,4	225	5,2	0,04	205	47	310	13	36	1	7	21464	0,00	202	1544	6,0	100	0,1	8	24	0	0	

Locatie 1 GHG: 90 cm-mv GLG: 150 cm-mv

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 37-40 mmol/l, Ca-z: 14074 µmol/l, Fe-t: 59-73 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3094-3773 µmol/l, P-t: 24,4-24,7). Na afgraving van de bouwvoor van 35 cm met een aanvullend verschrallingsbeheer van 12 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van (droog) heischraalgrasland (Olsen-P: 1011 µmol/l; P-t: 7,4 mmol/l; Ca-z: 9441 µmol/l). Ook kan gekozen worden voor het ontwikkelen van een droog kruiden- en faunairijk 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 een gericht zaadmengsel (bestaande uit zowel inheemse grassen als kruiden van Biodivers) van glanshaverhooiland of kruiden- en faunairijkgrasland wordt opgebracht. Bureau Natuurbalans (contactpersoon: **5.1.2e** **5.1.2e**) heeft de laatste jaren goede resultaten ondervonden met de ontwikkeling van glanshaverhooiland en kruiden- en faunairijkgrasland door middel van chopperen en gericht inzaaien op P-rijkere gronden (dan speelt de M15 verschrallingsduur geen 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 Bijlage 8.2.

Advies 1: 35 cm afgraven met aanvullend verschrallingsbeheer (12 jaar) t.b.v. de ontwikkeling van (droog) heischraalgrasland.

Advies 2: Ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van de toplaag door te maaien en afvoeren of chopperen (mits kruidachtigen ontbreken) en inzaaien van gericht zaadmengsel (glanshaverhooiland of kruiden- en faunarijkgasland).

Locatie 2 GHG: 100 cm-mv GLG: >150 cm-mv

De bouwvoor (0-60 cm-mv) is matig calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 15-27 mmol/l, Ca-z: 10350-10511 µmol/l, Fe-t: 30-66 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1567-4316 µmol/l, P-t: 5,5-19,4). Na afgraving van 40 cm met een aanvullend verschrallingsbeheer van 16 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van (droog) heischraalgrasland (Olsen-P: 1567 µmol/l; P-t: 5,5 mmol/l; Ca-z: 10511 µmol/l). Ook kan worden gekozen voor de ontwikkeling van een droog kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag (zie locatie 1).

Advies 1: 40 cm afgraven met aanvullend verschrallingsbeheer (16 jaar) t.b.v. de ontwikkeling van (droog) heischraalgrasland.

Advies 2: Ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van de toplaag door te maaien en afvoeren of chopperen (mits kruidachtigen ontbreken) en inzaaien van gericht zaadmengsel (glanshaverhooiland of kruiden- en faunarijkgasland).

Locatie 3 GHG: 0 cm-mv GLG: 50 cm-mv

De toplaag (0-15 cm-mv) is sterk calciumhoudend en zeer sterk ijzerhoudend (Ca-t: 73 mmol/l, Ca-z: 27498 µmol/l, Fe-t: 2505 mmol/l). De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 282 µmol/l, P-t: 51,6). Door de beperkte verrijking met fosfaat is de toplaag direct geschikt voor de ontwikkeling van blauwgrasland/dotterbloemhooiland. Geadviseerd wordt om de zode (mits soortenarm) te plaggen en doelsoorten in te brengen (maaisel uit een referentieterrein).

Advies: toplaag direct geschikt voor de ontwikkeling van blauwgrasland/dotterbloemhooiland (zode plaggen en doelsoorten inbrengen).

Locatie 7 GHG: 20 cm-mv GLG: 90 cm-mv

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is matig calciumhoudend en matig ijzerhoudend (Ca-t: 21 mmol/l, Ca-z: 7615 µmol/l, Fe-t: 135 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3537 µmol/l, P-t: 23,5). Na afgraving van de bouwvoor van 20 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van (nat) heischraalgrasland (Olsen-P: 345 µmol/l; P-t: 5,8 mmol/l; Ca-z: 8661 µmol/l).

Advies 1: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van (nat) heischraalgrasland.

Locatie 5a GHG: - GLG: - (niet af kunnen leiden uit het boorprofiel)

De toplaag (0-20 cm-mv) is sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 54 mmol/l, Ca-z: 17598 µmol/l, Fe-t: 535 mmol/l). De toplaag is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3878 µmol/l, P-t: 60,8). Onder de toplaag is een extreem ijzerrijke bodem te vinden (>700-1000 mmol/l). Dit is het resultaat 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 in deze zeer ijzerrijke bodemlagen is echter positief. Dit wil zeggen dan er (veel) meer ijzer dan fosfor in de bodem zit. Doordat de ijzerconcentraties lokaal extreem hoog zijn is de totaal-P concentratie in de bodem ook zeer hoog. 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 weergegeven als P-z) te kijken. Hoge Olsen-P concentraties (>2500 $\mu\text{mol/l}$) gaan over het algemeen ook samen met hogere labiel-P concentratie. Dit is onder zeer ijzerrijke condities echter niet (altijd) het geval (de P-z concentraties zijn relatief laag: < 5 $\mu\text{mol/l}$) wat erop kan duiden dat de P-beschikbaarheid in de praktijk lager is onder zeer/extreem rijke omstandigheden. 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.

Ook kan gekozen worden voor het ontwikkelen van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag. Voor een vochtig kruiden- en faunarijk grasland is een Olsen-P streefconcentratie van <1500 $\mu\text{mol/l}$ vereist. Dit kan bereikt worden door middel van maaien en afvoeren. Als gevolg van de zeer ijzerrijke condities lijkt de M15 waarde een overschatting. Door middel van intensief maaien en afvoeren (zolang de productiviteit hoog is en kruidachtigen ontbreken) kan de P-beschikbaarheid worden verlaagd. Zodra de P-z concentraties laag zijn kan de kruidenrijkdom al toenemen. Een alternatief is chopperen, waarna een gericht zaadmengsel of maaisel van vochtig kruiden- en faunarijkgrasland wordt opgebracht.

Advies 1: 20 cm afgraven voor de ontwikkeling van dotterbloemhooiland onder vochtige tot natte condities.

Advies 2: Ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van een vochtig kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag te maaien en afvoeren of chopperen (mits kruidachtigen ontbreken) en maaisel of een inheems zaadmengsel op te brengen.

Locatie 36 GHG: - GLG: - (niet af kunnen leiden uit het boorprofiel)

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 41 mmol/l, Ca-z: 15769 $\mu\text{mol/l}$, Fe-t: 135 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2319 $\mu\text{mol/l}$, P-t: 23,8). Na afgraving van de bouwvoor van 20 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 405 $\mu\text{mol/l}$; P-t: 7,6 mmol/l; Ca-z: 24139 $\mu\text{mol/l}$).

Advies 1: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland.

Deelgebied II Beerninkhoek

Tabel 8. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied II Beerninkhoek. Voor de beschrijving van de afkortingen en gebruikte kleurarceringen zie Tabel 7.

Nr	GWS	GHG	GLG	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	Pbs	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	M5	M15		
8	70	50	120	0-20	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	19	1,2	3971	28,0	0,14	180	21	93	5	16	7	269	6954	0,04	287	2245	4,4	88	7,7	108	219	153	209	
				20-35	Zand	C	0	13	1,5	259	3,1	0,08	127	12	82	6	20	0	134	2199	0,06	432	871	4,9	87	2,1	43	27	0	0	
				35-50	Zand	C	0	14	1,5	105	2,5	0,04	127	14	69	6	23	0											0	0	
				50-60	Zand, matig siltig	C	1	13	1,5	103	2,9	0,04	211	19	109	17	38	0												0	0
9	60	50	110	0-15	Zand, matig siltig en humeus, podzol	AP	7	21	1,2	1379	7,9	0,17	96	31	23	2	6	4	72	11527	0,01	234	2757	5,1	98	2,2	123	92	23	7	
				15-30	Zand, matig siltig en humeus, podzol	AP	2	16	1,4	399	1,9	0,20	147	14	10	4	7	0											0	0	
				30-45	Zand, matig siltig en humeus, podzol	AP	3	19	1,2	330	1,7	0,20	219	11	27	5	10	0	59	6342	0,01	245	2113	5,1	98	3,3	76	44	0	0	
				45-60	Zand, matig siltig	B	2	15	1,1	156	1,2	0,13	235	11	43	4	16	0	88	3354	0,03	392	1278	5,0	95	2,0	98	17	0	0	
24	60	30	100	0-20	Zand, matig siltig	BC	1	14	1,2	134	1,5	0,09	243	11	61	4	18	0										0	0		
				20-35	Zand, matig humeus, bv	AP	3	20	1,5	4735	26,7	0,18	225	15	78	6	9	2	361	6145	0,06	283	812	4,7	87	8,4	277	131	148	114	
				35-45	Zand, omg	BC	2	16	1,4	1673	11,9	0,14	292	18	87	8	19	0	39	5863	0,01	304	675	5,1	97	0,3	54	28	39	6	
				45-55	Zand, matig siltig	BC	1	15	1,4	230	4,2	0,06	290	16	206	8	22	0	11	3944	0,00	371	810	5,3	98	0,0	23	27	0	0	
31	110	-	-	0-20	Zand, matig siltig	BC	0	17	1,7	155	3,3	0,05	158	12	54	6	15	0										0	0		
				20-30	Zand, matig siltig	C	1	14	1,6	344	3,9	0,09	248	14	92	7	21	0										0	0		
				30-40	Bouwvoor	AP	6	31	1,1	2774	20,7	0,13	364	44	239	22	44	14	95	19159	0,00	208	2457	5,0	98	1,6	32	134	106	59	
				40-50	Bouwvoor	AP	3	22	1,4	1524	13,0	0,12	634	65	544	47	87	8	35	89261	0,00	152	5790	4,9	99	0,8	106	123	27	1	
32	110	-	-	0-20	Insoelingslaag, bruin/grijs zwak lemig zand met roestvlekken	-	2	17	1,5	326	4,3	0,08	717	80	513	64	129	3	21	86418	0,00	147	8325	5,8	100	0,3	23	58	0	0	
				20-30	Grijs lemig zand met veel roestvlekken	-	2	17	1,6	208	2,9	0,07	592	89	488	65	124	2	24	43177	0,00	134	8951	6,1	100	0,1	19	49	0	0	
				30-40	Bouwvoor	AP	5	18	1,2	6690	26,5	0,25	207	14	117	9	19	7	622	5781	0,11	303	1886	4,1	86	7,1	213	104	140	178	
				40-50	insoelingslaag, zwak lemig fijn zand	AP	5	15	1,3	4666	19,2	0,24	245	17	195	9	20	5	475	7586	0,06	314	1688	4,4	91	2,5	120	55	101	81	
				50-60	insoelingslaag, zwak lemig fijn zand	-	4	18	1,4	2741	14,0	0,20	347	17	187	12	29	6	548	6484	0,08	307	1475	4,6	90	1,2	115	36	34	20	
				60-70	zwak lemig lichtbruin zand met roestvlekken	-	4	20	1,5	2259	11,8	0,19	417	13	290	10	28	6	750	5179	0,14	303	1152	4,3	83	0,9	118	54	28	12	

Locatie 8 GHG: 50 cm-mv GLG: 120 cm-mv

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is matig calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 21 mmol/l, Ca-z: 6954 µmol/l, Fe-t: 93 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3971 µmol/l, P-t: 28,0). Na afgraving van de bouwvoor van 20 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van (vochtige) heide/heischraalgrasland (Olsen-P: 259 µmol/l; P-t: 3,1 mmol/l; Ca-z: 2199 µmol/l).

Advies: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van (vochtige) heide/heischraalgrasland.

Locatie 9 GHG: 50 cm-mv GLG: 110 cm-mv

De toplaag (0-15 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zwak ijzerhoudend (Ca-t: 31 mmol/l, Ca-z: 11527 µmol/l, Fe-t: 23 mmol/l). De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1379 µmol/l, P-t: 7,9). Na een verschrallingsbeheer van circa 23 jaar is de toplaag voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heischraalgrasland/blauwgrasland. Indien een dergelijk verschrallingsbeheer niet wenselijk is, kan gekozen worden voor het afgraven van 15 cm, dan is de bodem direct geschikt voor de ontwikkeling van (vochtig) heischraalgrasland (Olsen-P: 399 µmol/l; P-t: 1,9 mmol/l; Ca-z: 6342 µmol/l).

Advies 1: verschrallingsbeheer van circa 23 jaar op de toplaag t.b.v. de ontwikkeling van heischraalgrasland/blauwgrasland.

Advies 2: 15 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van (vochtig) heischraalgrasland.

Locatie 24 GHG: 30 cm-mv GLG: 100 cm-mv

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is zwak-matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 15 mmol/l, Ca-z: 6145 µmol/l, Fe-t: 78 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4735 µmol/l, P-t: 26,7). Onder de bouwvoor is een verstoorde bodemlaag te vinden die ook nog verrijkt is met fosfaat. Na afgraving van 35 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van (vochtig/nat) heischraalgrasland (Olsen-P: 230 µmol/l; P-t: 4,2 mmol/l; Ca-z: 3944 µmol/l).

Advies: 35 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van (vochtig/nat) heischraalgrasland.

Locatie 31 GHG: - GLG: - (niet af kunnen leiden uit het boorprofiel)

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 44-65 mmol/l, Ca-z: 19159-29261 µmol/l, Fe-t: 239-544 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1524-2774 µmol/l, P-t: 13,0-20,7 µmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 30 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 326 µmol/l; P-t: 4,3 mmol/l; Ca-z: 36418 µmol/l).

Advies: 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland.

Locatie 32 GHG: - GLG: - (niet af kunnen leiden uit het boorprofiel)

De bouwvoor (0-40 cm-mv) is zwak calciumhoudend en matig-sterk ijzerhoudend (Ca-t: 14-17 mmol/l, Ca-z: 5781-7586 µmol/l, Fe-t: 117-195 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4666-6690 µmol/l, P-t: 19,2-26,5 µmol/l). Onder de bouwvoor is de bodem verstoord en is de bodem op 70 cm nog verrijkt met fosfaat. Geadviseerd wordt het ambitieniveau aan te passen en te richten op de ontwikkeling van kruiden- en faunarijke grasland op de toplaag door maaien en afvoeren (zie ook locatie 5a).

Advies: Ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van (vochtig) kruiden- en faunarijke grasland op de toplaag d.m.v. maaien en afvoeren.

Deelgebied III Kossink

Tabel 9. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied III Kossink. Voor de beschrijving van de afkortingen en gebruikte kleurcoderingen zie Tabel 7.

Nr	GWS	GHG	GLG	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	P-t	Pbs	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	M5	M15		
14	75	50	115	0-20	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	7	24	0,9	2162	21,6	0,10	191	45	80	4	17	8	15	12549	0,00	179	4708	5,9	99	7,9	100	132	104	41		
				20-35	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	17	1,2	896	10,3	0,09	348	30	129	4	20	1													21	0
				35-45	Zand, matig siltig	C	1	12	1,4	118	2,3	0,05	117	12	85	3	14	0	0	3639	0,00	500	1845	6,2	100	0,3	26	17	0	0	0	
				45-55	Zand, matig siltig	C	1	14	1,3	49	2,1	0,02	149	14	333	7	18	0													0	0
15	70	50	110	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	8	23	0,8	2165	22,4	0,10	151	45	71	7	15	11	7	12746	0,00	2791	4063	6,2	100	12,2	329	30	107	43		
				20-35	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	6	18	0,9	1141	12,0	0,09	294	33	118	5	17	8													32	0
				35-45	Zand, matig siltig, omg	BC	2	14	1,3	425	5,8	0,07	346	20	106	5	19	3	6	8811	0,00	373	3878	6,2	100	0,5	96	51	0	0	0	
				45-55	Zand	C	0	12	1,3	148	2,3	0,06	110	13	85	6	15	0	8	3030	0,00	324	1392	6,3	99	2,1	26	44	0	0	0	
16		120	0-20	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	8	17	0,9	3920	19,0	0,21	149	38	70	5	13	8	13	11881	0,00	254	4206	5,7	99	14,9	124	70	100	73			
			20-40	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	7	23	0,8	2139	8,6	0,25	122	15	52	3	8	5													35	16	
			40-60	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	8	17	0,9	2207	7,9	0,28	132	11	55	4	8	5	209	5998	0,03	227	2462	4,6	94	2,8	50	45	31	16			
			60-70	Zand, matig siltig en humeus	A	4	13	1,0	2134	9,4	0,23	192	5	62	4	8	4	575	2176	0,26	228	866	4,4	70	2,0	27	33	20	9			
23	80	50	110	0-15	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	5	16	1,1	6709	30,0	0,22	190	6	232	6	11	5	1297	1167	1,11	1188	284	4,1	41	9,2	121	65	127	109		
				15-30	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	20	1,4	8667	30,9	0,28	250	7	310	6	12	5													131	120
				30-45	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	2	18	1,5	3219	15,5	0,21	257	10	139	7	15	1													58	39
				45-55	Zand, matig siltig, omg	BC	1	16	1,7	1095	8,1	0,14	240	13	255	8	18	0	783	2258	0,35	706	853	4,4	65	1,2	432	37	14	0	0	
25		130	0-20	Zand, matig siltig en humeus	A	6	14	1,2	5108	24,4	0,21	169	45	93	6	15	8	35	13159	0,00	408	3663	5,3	99	42,5	84	91	134	108			
			20-40	Zand, matig siltig en humeus	A	7	14	1,1	3306	15,5	0,21	155	35	93	5	12	6													78	53	
			40-60	Zand, matig siltig en humeus	A	6	14	1,2	3117	12,4	0,25	172	24	95	5	12	7	74	8262	0,01	264	2301	5,0	98	1,7	44	42	59	40			
			60-80	Zand, matig siltig en humeus	A	4	12	1,2	4368	15,5	0,28	186	9	126	6	11	7													78	64	
26	80	50	120	0-20	Zand, matig siltig en humeus		6	15	1,1	4804	29,0	0,17	188	49	54	7	15	11	22	11577	0,00	274	3088	5,3	99	20,8	159	104	163	125		
				20-35	Zand, matig siltig en humeus		7	15	1,2	5061	18,5	0,27	149	29	41	6	10	10													73	61
				35-50	Zand	E	2	9	1,4	1421	3,5	0,41	48	13	7	3	3	5	36	4978	0,01	244	1161	5,3	97	11,5	24	49	2	0		
				50-60	Zand, sterk siltig en humeus	A	12	25	1,1	1553	9,3	0,17	260	40	12	6	9	20	94	15428	0,01	310	3267	5,9	99	1,4	56	58	20	1		

Locatie 14 GHG: 50 cm-mv GLG: 115 cm-mv

De toplaag (0-20 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 45 mmol/l, Ca-z: 12549 µmol/l, Fe-t: 80 mmol/l). De toplaag is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2162 µmol/l, P-t: 21,6 µmol/l). Na afgraving van de toplaag van 20 cm en een aanvullend verschrallingsbeheer van 21 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 896 µmol/l; P-t: 10,3 mmol/l; Ca-t: 30 µmol/l). Indien een dergelijk verschrallingsbeheer niet gewenst is, kan gekozen worden voor het afgraven van de bouwvoor van 35 cm, waarna de bodem direct geschikt is voor de ontwikkeling van (vochtig/nat) heischraalgrasland (Olsen-P: 118 µmol/l; P-t: 2,3 mmol/l; Ca-z: 3639 µmol/l).

.....
Advies 1: 20 cm afgraven en een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 21 jaar t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland.

Advies 2: bouwvoor (35 cm) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van (vochtig/nat) heischraalgrasland.

Locatie 15 GHG: 50 cm-mv GLG: 110 cm-mv

De toplaag (0-20 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 45 mmol/l, Ca-z: 12746 µmol/l, Fe-t: 71 mmol/l). De toplaag is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2165 µmol/l, P-t: 12,0 µmol/l). Na afgraving van de toplaag van 20 cm en een aanvullend verschrallingsbeheer van 32 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 1141 µmol/l; P-t: 12,0 mmol/l; Ca-t: 33 µmol/l). Indien een dergelijk verschrallingsbeheer niet gewenst is, kan gekozen worden voor het afgraven van de bouwvoor van 35 cm, waarna de bodem direct geschikt is voor de ontwikkeling van (vochtig/nat) heischraalgrasland (Olsen-P: 425 µmol/l; P-t: 5,8 mmol/l; Ca-z: 8811 µmol/l).

Advies 1: 20 cm afgraven en een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 32 jaar t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland.

Advies 2: bouwvoor (35 cm) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van (vochtig/nat) heischraalgrasland.

Locatie 16 GHG: 120 cm-mv GLG: >150 cm-mv

De bouwvoor (0-60 cm-mv) is matig calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 11-35 mmol/l, Ca-z: 5998-11811 µmol/l, Fe-t: 52-70 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2139-3920 µmol/l, P-t: 7,9-19,0). De bodem is tot op minimaal 70 cm verrijkt met fosfaat. Geadviseerd wordt om het ambitieniveau aan te passen en te richten op de ontwikkeling van een droog kruiden- en faunairijk grasland op de toplaag (zie locatie 1). Ook kan gekozen worden voor het afgraven van de toplaag (20 cm), om zo al een groot deel van de fosfaatrijke bodem kwijt te raken en hierna te richten op het ontwikkelen van een kruiden- en faunairijk grasland door middel van maaien en afvoeren.

Advies 1: Ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van de toplaag door te maaien en afvoeren of chopperen (mits kruidachtigen ontbreken) en inzaaien van gericht zaadmengsel (glanshaverhooiland of kruiden- en faunairijkgrasland).

Advies 2: 20 cm afgraven t.b.v. ontwikkeling van een kruiden- en faunairijk grasland d.m.v. maaien en afvoeren.

Locatie 23 GHG: 50 cm-mv GLG: 110 cm-mv

De bouwvoor (0-45 cm-mv) is zwak calciumhoudend en matig ijzerhoudend (Ca-t: 6-10 mmol/l, Ca-z: ~1167 µmol/l, Fe-t: 139-310 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2139-3920 µmol/l, P-t: 7,9-19,0). Onder de bouwvoor is een verstoorde bodemlaag te vinden die ook nog verrijkt is met fosfaat. Geadviseerd wordt het ambitieniveau aan te passen en te richten op de ontwikkeling van kruiden- en faunairijk grasland op de toplaag door maaien en afvoeren (zie ook locatie 5a).

Advies: Ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van (vochtig) kruiden- en faunairijk grasland op de toplaag d.m.v. maaien en afvoeren.

.....
Locatie 25 GHG: 130 cm-mv GLG: >150 cm-mv

De toplaag (0-20 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 45 mmol/l, Ca-z: 13159 µmol/l, Fe-t: 93 mmol/l). De toplaag is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 5108 µmol/l, P-t: 24,4). De bodem is tot op minimaal 80 cm verrijkt met fosfaat. Geadviseerd wordt om het ambitieniveau aan te passen en te richten op de ontwikkeling van een droog kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag (zie locatie 1).

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

Locatie 26 GHG: 50 cm-mv GLG: 120 cm-mv

De toplaag (0-20 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 49 mmol/l, Ca-z: 11577 µmol/l, Fe-t: 54 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4804 µmol/l, P-t: 29,0 µmol/l). Na afgraving van 35 cm met een aanvullend verschrallingsbeheer is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van (vochtig/nat) heischraalgrasland (Olsen-P: 1421 µmol/l; P-t: 3,5 mmol/l; Ca-z: 4978 µmol/l). De verschrallingsduur is minimaal 2 jaar, maar omdat de onderlaag weer wat rijker is aan fosfaat kan deze hoger uitvallen (tot 22 jaar) en is er een risico op verzuuring. Ook kan gekozen worden voor het ontwikkelen van een vochtig kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag door maaien en afvoeren (zie ook locatie 5a).

Advies 1: 35 cm afgraven met aanvullend verschrallingsbeheer (maximaal 22 jaar) t.b.v. de ontwikkeling van (vochtig/nat) heischraalgrasland.

Advies 2: Ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van (vochtig) kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag d.m.v. maaien en afvoeren.

Deelgebied IV Masterveld

Tabel 10. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied IV Masterveld. Voor de beschrijving van de afkortingen en gebruikte kleurarceringen zie Tabel 7.

Nr	GWS	GHG	GLG	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	P-t	Pbs	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	M5	M15
4	130	90	>150	0-15	Zand, matig siltig en humeus, podzol	AP	3	11	1,2	4937	16,4	0,30	100	3	27	4	4	2	1191	835	1,43	289	88	4,1	24	28,1	61	107	63	54
				15-30	Zand, matig siltig en humeus, podzol	AP	3	12	1,3	5440	16,6	0,33	105	4	26	4	4	1											64	56
				30-45	Zand, matig siltig en humeus, podzol	AP	2	11	1,4	669	2,0	0,34	64	6	6	4	2	0	336	3626	0,09	264	176	4,7	79	0,6	8	46	0	0
				45-55	Zand, matig humeus	B	3	13	1,4	485	2,2	0,22	262	19	31	8	13	0	389	6616	0,06	270	506	4,8	88	0,3	1	51	0	0
				55-65	Zand, matig humeus	B	3	13	1,4	345	1,7	0,21	266	19	31	9	13	0											0	0
5	55	30	110	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	3	19	1,5	2028	22,5	0,09	455	26	508	8	28	5	375	12761	0,03	242	3016	4,7	93	2,7	311	211	106	37
				20-35	Zand, sterk siltig	BC	1	15	1,6	271	5,0	0,05	323	25	583	11	29	0	90	10744	0,01	239	3847	4,9	97	0,0	26	90	0	0
				35-45	Zand, sterk siltig	C	1	16	1,7	151	3,4	0,04	353	32	163	21	45	0	16	12722	0,00	356	5460	5,2	99	0,0	1	56	0	0
				45-55	Zand, sterk siltig	C	1	16	1,5	132	4,8	0,03	289	30	124	18	42	0											0	0
6	65	40	105	0-20	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	20	1,2	2592	14,5	0,18	222	37	80	7	18	3	394	5102	0,08	298	721	4,6	86	6,8	16	103	72	38
				20-30	Zand, matig siltig	C	1	14	1,7	242	4,5	0,05	458	33	308	24	48	0	138	12213	0,01	1147	3998	4,8	97	0,0	1	42	0	0
				30-40	Zand, matig siltig	C	1	15	1,5	97	3,9	0,02	422	31	236	25	47	0											0	0
				40-50	Zand, matig siltig	C	1	16	1,6	78	3,5	0,02	292	25	199	18	38	0											0	0
10	50	20	140	0-15	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	2	18	1,4	470	4,6	0,10	403	33	398	22	45	0	31	8962	0,00	1265	2676	5,3	98	3,7	58	296	0	0
				15-25	Leem	C	2	15	1,5	73	2,3	0,03	737	80	660	75	139	0	10	35162	0,00	685	8303	5,5	100	0,0	33	62	0	0
				25-35	Leem	C	2	15	1,5	70	2,1	0,03	631	81	540	74	116	0											0	0
				35-45	Leem	C	3	17	1,4	37	2,0	0,02	433	80	558	51	86	0											0	0
11	110	95	140	0-15	Zand, matig humeus, bv	AP	5	15	0,9	2666	10,9	0,24	63	13	20	2	4	1	99	6488	0,02	153	1155	4,8	95	14,8	89	141	37	22
				15-30	Zand, matig humeus, bv	AP	4	14	0,9	2535	12,3	0,21	63	20	20	2	3	2											44	24
				30-45	Zand, matig humeus	AB	2	13	1,2	250	1,6	0,16	108	16	8	6	5	0	24	7825	0,00	204	1557	5,4	99	0,3	17	27	0	0
				45-60	Zand, matig humeus	AB	2	15	1,2	176	1,5	0,12	103	15	6	5	0	0											0	0
				60-70	Zand	B	3	17	1,1	280	1,6	0,18	189	16	19	6	10	0	35	6840	0,01	232	1463	5,3	99	0,3	99	32	0	0
12	120	70	150	0-20	Zand, matig humeus, bv	AP	4	17	1,1	1954	26,0	0,08	245	32	591	8	22	1	13	9332	0,00	298	3087	5,8	99	10,6	106	58	111	38
				20-30	Zand, matig humeus, bv	AP	3	13	1,2	2471	22,3	0,11	258	24	325	9	25	0											56	27
				30-45	Zand	BC	1	12	1,3	1047	8,4	0,13	227	19	166	10	26	0	4	6429	0,00	560	2296	5,8	99	10,0	25	19	21	0
				45-55	Zand, matig siltig	C	2	13	1,5	192	3,9	0,05	484	58	324	41	80	0	14	26536	0,00	1654	7166	5,8	100	0,0	37	17	0	0
13	120	70	>150	0-20	Zand, matig humeus, bv	AP	3	15	1,0	1885	14,3	0,13	165	25	80	9	19	1	7	9031	0,00	192	3129	5,9	99	13,2	132	74	66	18
				20-30	Zand, matig humeus, bv	AP	3	12	1,1	2269	16,0	0,14	184	21	89	9	21	0											39	17
				30-40	Zand, matig siltig	BC	2	13	1,3	369	3,6	0,10	253	14	101	7	21	0	49	6228	0,01	255	1746	5,5	98	0,1	76	23	0	0
				40-50	Zand, matig siltig	C	1	15	1,3	95	3,6	0,03	182	16	113	9	25	0	17	5144	0,00	358	1406	5,5	99	0,0	78	17	0	0
17	70	30	100	0-20	Zand, matig humeus, bv	AP	2	14	1,2	2096	15,7	0,13	253	16	202	8	17	1	221	7460	0,03	188	1304	4,7	93	3,1	30	56	75	28
				20-30	Zand, matig humeus, bv	AP	2	16	1,3	2444	17,4	0,14	255	17	236	9	18	2											43	21
				30-40	Zand, sterk siltig	C	2	16	1,4	369	9,5	0,04	195	25	778	15	29	0	20	10643	0,00	444	2318	5,1	99	0,0	22	69	0	0
				40-50	Zand, sterk siltig	C	1	17	1,4	862	22,4	0,04	130	27	750	11	25	0											29	0
18	70	40	110	0-20	Zand, matig humeus, bv	AP	2	16	1,5	4014	22,6	0,18	248	9	387	8	15	3	548	2295	0,24	277	848	4,6	69	5,0	140	120	123	89
				20-30	Zand, matig humeus, bv	AP	2	15	1,5	4250	24,9	0,17	273	9	334	8	16	3											68	50
				30-45	Zand	BC	1	15	1,6	661	8,5	0,08	304	16	488	17	32	0	404	8021	0,05	544	2858	4,5	90	0,0	27	47	10	0
				45-55	Zand, matig siltig	C	0	17	1,6	244	3,5	0,07	227	18	125	17	33	0	83	6234	0,01	614	2444	4,8	96	0,0	4	29	0	0
19	65	30	80	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus		6	18	1,4	2350	31,1	0,08	288	21	642	10	23	4	167	12668	0,01	276	2155	4,6	95	1,3	88	92	113	70
				20-30	Zand, sterk siltig, matig humeus		2	17	1,5	1757	37,5	0,05	307	37	766	13	27	3											84	17
				30-45	Zand, sterk siltig	BC	3	20	1,4	2309	121,4	0,02	147	75	2405	12	29	0	0	18494	0,00	1005	4270	6,2	100	0,4	35	31	446	199
				45-55	Zand, matig siltig	C	1	18	1,6	788	12,7	0,06	227	45	204	21	48	0	0	15422	0,00	1365	3781	6,4	100	3,0	61	69	15	0
20	40	10	100	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	2	17	1,4	2208	19,6	0,11	255	20	282	10	21	1	115	7449	0,02	413	1862	5,1	90	1,5	82	190	95	39
				20-35	Zand, sterk siltig	BC	4	17	1,6	390	28,8	0,01	220	45	2476	18	31	0	1	16735	0,00	1490	4542	5,8	100	0,0	25	39	0	0
				35-50	Zand, sterk siltig	BC	7	20	1,7	1126	118,4	0,01	156	74	3844	10	24	1											309	0
				50-60	Zand, matig siltig	C	1	17	1,5	1194	25,2	0,05	122	33	622	12	27	0											46	0
21	70	40	130	0-20	Zand, matig humeus, bv	AP	3	17	1,5	3547	23,2	0,15	231	16	74	6	11	4	261	5344	0,05	264	191	4,9	89	6,0	128	76	124	84
				20-30	Zand, matig humeus, bv	AP	3	16	1,4	3110	18,4	0,17	177	14	57	4	8	4											48	30
				30-45	Zand	BC	1	13	1,6	855	4,9	0,17	183	12	50	5	10	0	78	3675	0,02	383	355	5,1	93	0,3	24	37	9	0
				45-55	Zand	C	0	15	1,7	182	3,7	0,05	204	16	56	8	22	0	44	3528	0,01	592	598	5,3	96	0,0	27	23	0	0
22	90	60	140	0-20	Zand, matig humeus, bv	AP	4	15	1,2	4085	16,7	0,24	204	12	46	5	8	3	330	5108	0,06	790	741	4,7	88	5,1	109	105	86	66
				20-35	Zand, matig humeus, bv	AP	4	16	1,2	4242	16,4	0,26	191	13	34	4	7	3											63	50
				35-45	Zand, omg	EB	2	16	1,4	630	2,9	0,22	161	10	18	4	5	0	151	4054	0,04	493	642	4,9	92	0,4	22	40	0	0
				45-55	Zand	BC	2	15	1,4	402	2,3	0,17	221	13	51	5	13	0	132	4290	0,03	423	663	5,0	93	0,1	10	42	0	0
27	75	50	130	0																										

.....
Locatie 5 GHG: 30 cm-mv GLG: 110 cm-mv

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is matig calciumhoudend en sterk ijzerhoudend (Ca-t: 26 mmol/l, Ca-z: 12761 µmol/l, Fe-t: 508 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2028 µmol/l, P-t: 22,5 µmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 20 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 271 µmol/l; P-t: 5,0 mmol/l; Ca-z: 10744 µmol/l).

Advies: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland.

Locatie 6 GHG: 40 cm-mv GLG: 105 cm-mv

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 37 mmol/l, Ca-z: 5102 µmol/l, Fe-t: 80 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2592 µmol/l, P-t: 14,5 µmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 20 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 242 µmol/l; P-t: 4,5 mmol/l; Ca-z: 12213 µmol/l).

Advies: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland.

Locatie 10 GHG: 20 cm-mv GLG: 140 cm-mv

De bouwvoor (0-15 cm-mv) is matig-sterk calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 33 mmol/l, Ca-z: 8962 µmol/l, Fe-t: 398 mmol/l). De bouwvoor is relatief P-arm (Olsen-P: 470 µmol/l, P-t: 4,6 µmol/l). De bodem is direct geschikt voor de ontwikkeling van (vochtig/nat) heischraalgrasland/blauwgrasland. Geadviseerd wordt om de zode te plaggen en doelsoorten in te brengen (mits soortenarm).

Advies: zode plaggen en doelsoorten inbrengen (mits soortenarm) t.b.v. de ontwikkeling van (vochtig/nat) heischraalgrasland/blauwgrasland.

Locatie 11 GHG: 95 cm-mv GLG: 140 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is zwak-matig calciumhoudend en zwak ijzerhoudend (Ca-t: 13-20 mmol/l, Ca-z: ~6488 µmol/l, Fe-t: 20 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2535-2666 µmol/l, P-t: 10,9-12,3 µmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 30 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heide/(droog) heischraalgrasland (Olsen-P: 250 µmol/l; P-t: 1,6 mmol/l; Ca-z: 16 µmol/l). Ook kan worden gekozen voor de ontwikkeling van een droog kruiden- en faunarijck grasland op de toplaag (zie locatie 1).

Advies 1: bouwvoor (30 cm) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van heide/(droog) heischraalgrasland.

Advies 2: Ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van de toplaag door te maaien en afvoeren of chopperen (mits kruidachtigen ontbreken) en inzaaien van gericht zaadmengsel (kruiden- en faunarijckgrasland).

Locatie 12 GHG: 70 cm-mv GLG: 150 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en sterk ijzerhoudend (Ca-t: 24-32 mmol/l, Ca-z: ~9332 µmol/l, Fe-t: 325-591 mmol/l). De toplaag is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1954-2471 µmol/l, P-t: 22,3-26,0 mmol/l). Na afgraving van de toplaag van 30 cm en een aanvullend verschrallingsbeheer van 21 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van (droog) heischraalgrasland (Olsen-P: 1047 µmol/l; P-t: 8,4 mmol/l; Ca-z: 6429 µmol/l). Indien een dergelijk verschrallingsbeheer niet gewenst is, kan gekozen worden voor het

afgraven van 45 cm, waarna de bodem direct geschikt is voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 192 µmol/l; P-t: 3,9 mmol/l; Ca-z: 26536 µmol/l).

Advies 1: bouwvoor (30 cm) afgraven en een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 21 jaar t.b.v. de ontwikkeling van (droog) heischraalgrasland.

Advies 2: 45 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (onder de juiste hydrologische condities).

Indien deze maatregelen te fors zijn kan door middel van maaien en afvoeren een kruiden- en faunarijk grasland worden ontwikkeld op de toplaag.

Locatie 13 GHG: 70 cm-mv GLG: >150 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is zwak-matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 21-25 mmol/l, Ca-z: -9031 µmol/l, Fe-t: 80-89 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1885-2269 µmol/l, P-t: 14,3-16,0 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 30 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van (droog) heischraalgrasland (Olsen-P: 369 µmol/l; P-t: 3,6 mmol/l; Ca-z: 6228 µmol/l).

Advies: 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van (droog) heischraalgrasland.

Locatie 17 GHG: 30 cm-mv GLG: 100 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is zwak-matig calciumhoudend en matig ijzerhoudend (Ca-t: 16-17 mmol/l, Ca-z: -7460 µmol/l, Fe-t: 202-236 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2096-2444 µmol/l, P-t: 15,7-17,4 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 30 cm met een aanvullend verschrallingsbeheer is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 369 µmol/l; P-t: 9,5 mmol/l; Ca-z: 10643 µmol/l). De verschrallingsduur is minimaal, maar omdat de onderlaag weer wat rijker is aan fosfaat kan deze hoger uitvallen (tot 29 jaar) en is er een risico op verzuuring.

Advies: 30 cm afgraven met aanvullend verschrallingsbeheer (maximaal 29 jaar i.v.m. voedselrijkere laag op 40-50 cm-mv) t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland.

Locatie 18 GHG: 40 cm-mv GLG: 110 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is zwak calciumhoudend en matig-sterk ijzerhoudend (Ca-t: 9 mmol/l, Ca-z: -2295 µmol/l, Fe-t: 334-387 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4014-4250 µmol/l, P-t: 22,6-24,9 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 30 cm met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 10 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van (vochtig/nat) heischraalgrasland (Olsen-P: 661 µmol/l; P-t: 8,5 mmol/l; Ca-z: 8021 µmol/l).

Advies: bouwvoor (30 cm) afgraven met aanvullend verschrallingsbeheer (10 jaar) t.b.v. de ontwikkeling van (vochtig/nat) heischraalgrasland.

Locatie 19 GHG: 30 cm-mv GLG: 80 cm-mv

De toplaag (0-20 cm-mv) is matig calciumhoudend en sterk ijzerhoudend (Ca-t: 21 mmol/l, Ca-z: 12668 µmol/l, Fe-t: 642 mmol/l). De toplaag is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2350 µmol/l, P-t: 31,1 mmol/l). Onder de toplaag is een extreem ijzerrijke bodem te vinden (>700-1000 mmol/l) (zie ook locatie 5a). Na afgraving van 30 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de

.....
ontwikkeling van blauwgrasland/dotterbloemhooiland (Olsen-P: 2309 µmol/l; P-t: 121,4 mmol/l; Ca-z: 18494 µmol/l).

Advies: 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland/dotterbloemhooiland (zeer ijzerrijke locatie!).

Locatie 20 GHG: 10 cm-mv GLG: 100 cm-mv

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is zwak-matig calciumhoudend en matig-sterk ijzerhoudend (Ca-t: 20 mmol/l, Ca-z: 7449 µmol/l, Fe-t: 282 mmol/l). De toplaag is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2208 µmol/l, P-t: 19,6 mmol/l). Onder de toplaag is een extreem ijzerrijke bodem te vinden (>700-1000 mmol/l) (zie ook locatie 5a). Na afgraving van de bouwvoor van 30 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland/dotterbloemhooiland (Olsen-P: 390 µmol/l; P-t: 28,8 mmol/l; Ca-z: 16735 µmol/l).

Advies: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland/dotterbloemhooiland (zeer ijzerrijke locatie!).

Locatie 21 GHG: 40 cm-mv GLG: 130 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is zwak-matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 14-16 mmol/l, Ca-z: ~5344 µmol/l, Fe-t: 57-74 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3110-3547 µmol/l, P-t: 18,4-23,2 µmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 30 cm en een aanvullend verschrallingsbeheer van 9 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van (vochtige/natte) heide/heischraal grasland (Olsen-P: 855 µmol/l; P-t: 4,9 mmol/l; Ca-t: 4,9 µmol/l). Indien een dergelijk verschrallingsbeheer niet gewenst is, kan gekozen worden voor het afgraven van de bouwvoor van 45 cm, waarna de bodem direct geschikt is voor de ontwikkeling van (vochtig/nat) heischraalgrasland (Olsen-P: 425 µmol/l; P-t: 5,8 mmol/l; Ca-z: 8811 µmol/l).

Advies 1: bouwvoor (30 cm) afgraven en een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 9 jaar t.b.v. de ontwikkeling van (vochtige/natte) heide / heischraal grasland.

Advies 2: 45 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van (vochtig/nat) heischraalgrasland.

Locatie 22 GHG: 60 cm-mv GLG: 140 cm-mv

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is zwak-matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 12-13 mmol/l, Ca-z: ~5108 µmol/l, Fe-t: 34-46 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4085-4242 µmol/l, P-t: 16,4-16,7 µmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 35 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van (vochtig) heischraalgrasland (Olsen-P: 630 µmol/l; P-t: 2,9 mmol/l; Ca-z: 4054 µmol/l).

Advies: bouwvoor (35 cm) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van (vochtig) heischraalgrasland.

Locatie 27 GHG: 50 cm-mv GLG: 130 cm-mv

De bouwvoor (0-25 cm-mv) is zwak calciumhoudend en ijzerhoudend (Ca-t: 11 mmol/l, Ca-z: ~4982 µmol/l, Fe-t: 57-60 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4522-4938 µmol/l, P-t: 18,4-20,0 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 25 cm en een aanvullend verschrallingsbeheer van 3 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van (vochtige) heide/ heischraalgrasland (Olsen-P: 665 µmol/l; P-t: 3,7 mmol/l; Ca-z: 2883 µmol/l).

Advies: bouwvoor (25 cm) afgraven en een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 3 jaar t.b.v. de ontwikkeling van (vochtige) heide/heischraalgrasland.

Deelgebied V Muggenhoek

Tabel 11. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied V Muggenhoek. Voor de beschrijving van de afkortingen en gebruikte kleurarceringen zie Tabel 7.

Nr	GWS	GHG	GLG	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	P-t	Pbs	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	M5	M15
28	30	0	140	0-15	Leem, uiterst zandig	AC	3	21	1,5	150	2,5	0,06	646	63	297	38	75	5	991	10607	0,09	474	1465	4,4	82	0,0	5	44	0	0
				15-25	Leem, sterk zandig	C	2	15	2,0	39	2,9	0,01	658	113	471	75	119	0	73	53701	0,00	143	5298	5,1	99	0,0	1	35	0	0
				25-35	Leem, sterk zandig	C	2	15	1,7	35	2,8	0,01	591	97	408	76	114	0											0	0
				35-45	Leem, sterk zandig	C	1	15	1,7	25	3,5	0,01	476	94	358	67	101	0											0	0

Locatie 28 GHG: 0 cm-mv GLG: 140 cm-mv

De lemige toplaag (0-15 cm-mv) is sterk calciumhoudend en matig-sterk ijzerhoudend (Ca-t: 63 mmol/l, Ca-z: 10607 µmol/l, Fe-t: 297 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 150 µmol/l, P-t: 2,5 mmol/l). De beperkt verrijkte toplaag is direct geschikt voor de ontwikkeling van blauwgrasland. Indien doelsoorten ontbreken wordt geadviseerd de zode te plaggen en maaisel op te brengen uit een referentieterrein. Ook kan gekozen worden voor het afgraven van de toplaag (15 cm) waarna de bodem geschikt sterker gebufferd is voor de ontwikkeling van blauwgrasland/dotterbloemhooiland (Olsen-P: 39 µmol/l; P-t: 2,9 mmol/l; Ca-z: 53701 µmol/l).

Advies 1: toplaag ontwikkelen t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland.

Advies 2: toplaag (15 cm) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland/dotterbloemhooiland.

6. SYNTHESE EN CONCLUSIES

AANLEIDING EN OPZET ONDERZOEK

- Onderzoekcentrum B-WARE heeft in opdracht van Bosgroep Midden Nederland een bodem- en hydrochemisch onderzoek uitgevoerd om natuurbodempotenties en geschikte inrichtingsmaatregelen in kaart te brengen voor een aantal (voormalige) landbouwgronden rondom de Vennevertlose Beek, gelegen ten noordoosten van Winterswijk. 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 N10.01 nat schraalland, N10.02 vochtig hooiland, N06.04 vochtige heide, N11.01 droog schraalgrasland en N07.01 droge heide. In bijlage 8.3 wordt nader ingegaan op de mogelijkheden voor bosontwikkeling op voormalige landbouwgronden.
- Het onderzoek is primair gericht op de bodemchemie. Het uitvoeren van een (ecohydrologische) systeemanalyse en het opstellen van een inrichtingsplan maken geen deel uit van het onderzoek. Dit voert Bosgroep Midden uit. Met behulp van de resultaten van dit onderzoek kan de opdrachtgever gericht keuzes maken bij de gebiedsontwikkeling. Op 32 locaties werden profielbeschrijvingen uitgevoerd en bodemonsters verzameld voor analyse. Daarnaast werden enkele referentiemonsters verzameld in de regio (met name bossen) en enkele aanvullende grond- en oppervlaktewaterkwaliteitsmetingen in de landbouwpercelen uitgevoerd.

REFERENTIEMETINGEN OMGEVING VENNEVERTLOSE BEEK

- In en rondom het onderzoeksgebied werden bodemonsters verzameld van goed ontwikkeld eiken-haagbeukenbos, beuken-eikenbos, vochtig berkenbos en vogelkers-essenbos. Het betreft relatief calciumarme bodems (5-11 mmol/l), met uitzondering van het vogelkers-essenbos (21 mmol/l totaal-Ca). De pH-z is (zeer) laag in alle bemonsterde boslocaties (R1, R2, R33, R34, R35): 2,9 - 3,6. De Olsen-P concentratie varieert sterk (ook afhankelijk van de calciumconcentratie). De totaal-P concentratie is overwegend laag (2,8-6,5 mmol/l) met uitzondering van R33 (voedselrijker beuken-eikenbos met 15 mmol P/l). R4 is gelegen op een locatie waar moeraszegge staat. De bodem is sterk calciumhoudend en ijzerrijk. Ook is de bodem relatief P-arm (749 µmol/l Olsen-P) en daarmee geschikt als dotterbloemhooiland/vochtig hooiland. Locatie R30 is gelegen in vochtige heide / zwakgebufferd ven waar de bodem zwak-matig calcium- en ijzerhoudend is. De pH-z is 3,9 en de bodem is fosfaatarm (211 µmol/l Olsen-P; 1,7 mmol/l P-t).

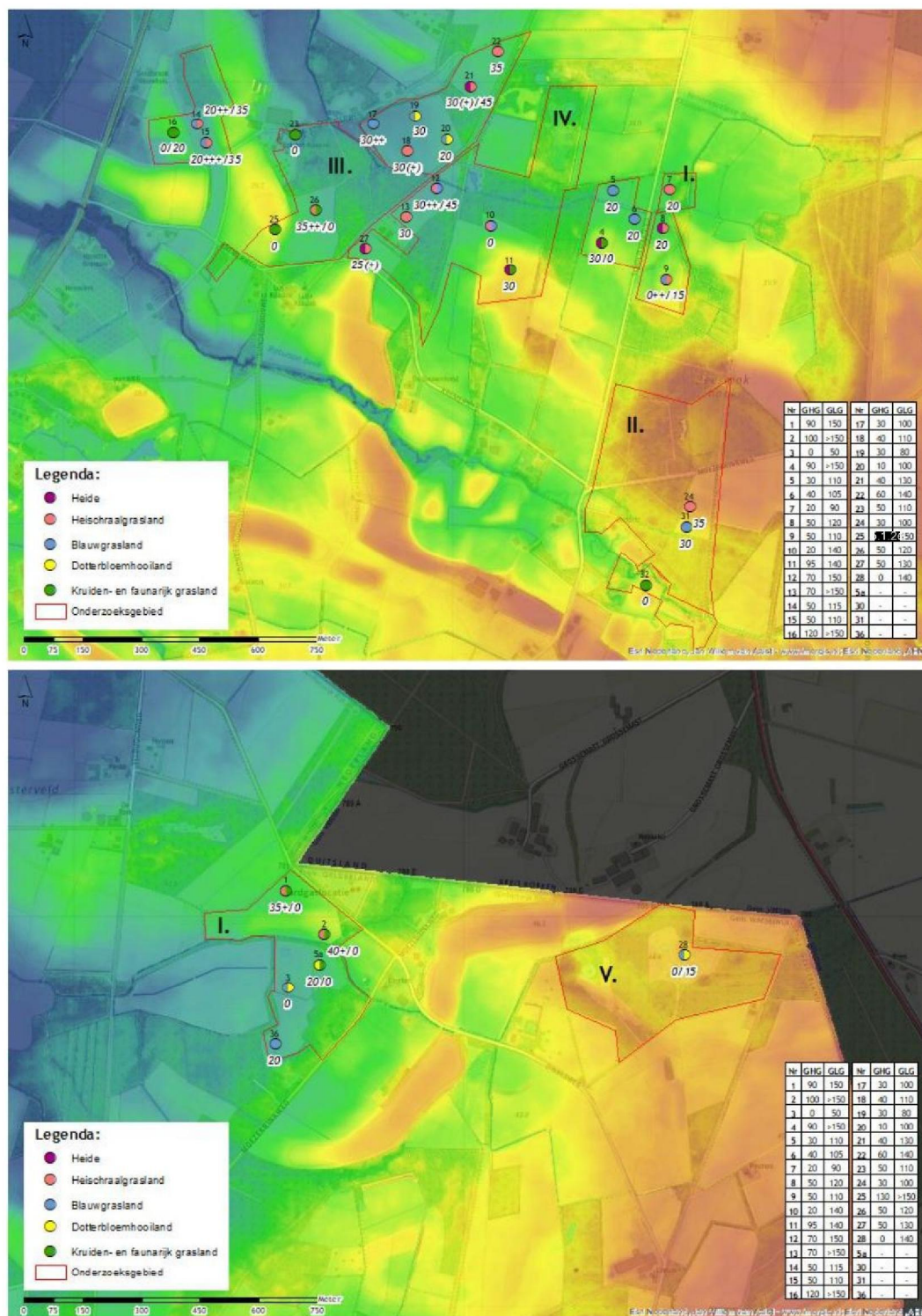
WATERKWALITEITSMETINGEN

- Voor het (indicatieve) hydrochemische onderzoek werden enkele grond- en oppervlaktewatermonsters in het gebied verzameld en geanalyseerd. Het freatische grondwater in het onderzoeksgebied op locatie GW1 (goed ontwikkeld eiken-haagbeukenbos) is gebufferd en P-arm. Daarnaast is het grondwater ijzerarm, nitraatrijk en zeer sulfaatrijk. Het grondwater toont een opvallend hoge chlorideconcentratie, dit wijst op verontreiniging vanuit de landbouw.
- Het oppervlaktewater (uit de beek en zijgreppels) is fosfaatarm. Daarnaast is het oppervlaktewater matig tot goed gebufferd. Op locaties OW2 en OW4 zijn de sulfaat- en

nitraatconcentraties van het oppervlaktewater verhoogd. De chlorideconcentraties zijn ook aan de hoge kant op deze locaties.

P-GELIMITEERDE NATUURONTWIKKELING (VOORMALIGE) LANDBOUWPERCELEN

- De bodem in het onderzoeksgebied bestaat voornamelijk uit zand. Lokaal zijn lemige lagen aangetroffen (locaties 1, 3, 5a, 10, 28, 31, 32 en 36) (Tabel 7; Tabel 11). De dikte van de bouwvoor varieert van circa 15-60 cm, maar is overwegend 30 cm dik. Onder de bouwvoor is lokaal een verstoorde A, AB of AC horizont aangetroffen. De C horizont wordt vaak op 45-55 cm aangetroffen, op enkele locaties nog iets dieper (zie Bijlage 1).
- Voor de ontwikkeling van de beoogde natuurbeheertypen kunnen de volgende streefconcentraties worden gehanteerd (GRIP database Onderzoekcentrum B-WARE):
 - 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, NH₄-z <200 µmol/l);
 - Droog schraalland: (<)200-500 µmol/l bodem (Ca-z ±4000-8000 µmol/l, pH-z >3,5, Al/Ca <1-2 en basenverzadiging >30%);
 - Vochtig 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: <300-500(-800) µmol/l bodem (Ca-z 10.000-50.000 µmol/l), veelal (zeer) ijzerrijk;
 - Kruiden- en faunarijk grasland: >1200/1500 µmol/l bodem (mits P-z < 2 µmol/l en nitraat <50-100 µmol/l).
- Uit de bodemchemische analyses blijkt dat de toplaag van de (voormalige) landbouwgronden verrijkt is met fosfaat: Olsen-P (plantbeschikbaar fosfaat): ca. 2100-4200 µmol/l Olsen-P en 16-26 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 beoogde ontwikkeling. Onder de bouwvoor nemen de P-concentraties fors af (Figuur 14). 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 verzuuring kan ontstaan en aanvullend verschrallingsbeheer (maaien en afvoeren) vereist is om de gewenste abiotische condities te realiseren.



Figuur 16. Overzicht van de ontgrondingsdieptes (in cm, weergegeven op een hoogtekkaart) die nodig zijn om P-arme condities te realiseren waarbij (+) = totaal-P <3 mmol/l maar Olsen-P >500 µmol/l, (+) = <10, + = 11-20, ++ = 21-30 en +++ 31-40 jaar aanvullend verschrallingsbeheer vereist. De kleuren geven een beeld van de natuurpotenties. De natuurpotenties zijn gebaseerd op de Ca-z concentraties (µmol/l) op <4000 = heide, 4000-10000 = heischraalgrasland, 10000-(>)20000 = blauwgrasland/dotterbloemhooiland. Het natuurdoeltype (droog/nat) is afhankelijk van de hydrologische situatie. Het natuurdoeltype (droog/nat) is afhankelijk van de hydrologische situatie. De huidige GHG en GLG (t.o.v. huidig maaiveld; afgeleid uit het bodemprofiel) wordt in de figuur gegeven. Op plekken waar de vereiste maatregelen te fors (niet gewenst) zijn wordt geadviseerd om op de toplaag een kruiden- en faunairijk grasland te ontwikkelen door middel van maaien en afvoeren.

- In Figuur 16 wordt ruimtelijk weergegeven welke (ontgrondings)maatregelen nodig zijn voor de ontwikkeling van P-arme condities voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen als heide, heischraal grasland, blauwgrasland of dotterbloemhooiland op de voormalige landbouwgronden. In paragraaf 5.5 worden de natuurontwikkelingsadviezen per locatie nader toegelicht. 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 (beperkt tot fors) aanvullend beheer vereist. Door middel van het inbrengen van maaisel uit een referentieterrein kan de ontwikkeling van ruigtesoorten worden onderdrukt en de ontwikkeling van de doelvegetatie worden gestimuleerd.
- Deelgebied I Vennevertloot:
 - Locatie 1 en 2: 35-40 cm afgraven met aanvullend verschrallingsbeheer t.b.v. de ontwikkeling van (droog) heischraalgrasland of richten op het ontwikkelen van droog kruiden- en faunairijk grasland op de toplaag.
 - Locatie 5a, 7, 36: 20 cm afgraven t.b.v. ontwikkeling van blauwgrasland/dotterbloemhooiland of (nat) heischraalgrasland op locatie 7.
 - Locatie 3: direct geschikt voor de ontwikkeling van blauwgrasland/dotterbloemhooiland.
- Deelgebied II Beerninkhoek:
 - Locatie 8, 9 en 24: afgraven van 15-35 cm t.b.v. de ontwikkeling van (vochtig) heischraalgrasland.
 - Locatie 31: 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland.
 - Locatie 32: richten op de ontwikkeling van (vochtig) kruiden- en faunairijk grasland op de toplaag.
- Deelgebied III Kossink:
 - Locatie 14 en 15: 20 cm afgraven met een aanvullend verschrallingsbeheer t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland of bouwvoor (35 cm) afgraven t.b.v. van de ontwikkeling van (vochtig/nat) heischraalgrasland.
 - Locatie 16, 23, 25 en 26: ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van kruiden- en faunairijk grasland op de toplaag. Of een droge of vochtige/natte variant tot ontwikkeling komt is tevens afhankelijk van de hydrologische omstandigheden.
- Deelgebied IV Masterveld:
 - Locatie 5, 6 en 20: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland. Locatie 20 is zeer ijzerrijk, hier zou ook een dotterbloemhooiland tot ontwikkeling kunnen komen.
 - Locatie 4, 11-13, 17-19, 21, 22 en 27: 25-35 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van heide/heischraalgrasland/blauwgrasland. Lokaal is een aanvullend verschrallingsbeheer nodig (12, 17, 18, 21 en 27). Locatie 19 is zeer ijzerrijk, hier zou ook een dotterbloemhooiland tot ontwikkeling kunnen komen.
- Deelgebied V Muggenhoek:
 - Locatie 28: toplaag ontwikkelen t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland of 15 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland/dotterbloemhooiland.

- Op locaties waar een dergelijke ontgroning of aanvullend verschrallingsbeheer te fors is, kan ook gekozen worden voor het ontwikkelen van een 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 een gericht zaadmengsel (bestaande uit zowel inheemse grassen als kruiden van Biodivers) van glanshaverhooiland (op meer gebufferde bodems) of kruiden- en faunarijkgrasland wordt opgebracht. Bureau Natuurbalans (contactpersoon: **5.1.2e** **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 (dan speelt de M15 verschrallingsduur geen rol; dit in tegenstelling tot op vochtige percelen). Waarschijnlijk speelt droogtestress en/of N-limitatie (<25-50 $\mu\text{mol/l}$ nitraat) een rol. Wanneer gestreepte witbol domineert wordt geadviseerd vroeg (in mei) te maaien. Zie ook bijlage 8.2.
- Of een droge of vochtige/natte variant tot ontwikkeling komt is tevens afhankelijk van de hydrologische omstandigheden. In dit onderzoek is alleen de actuele GHG en GLG (afgeleid uit het bodemprofiel) beschikbaar (Tabel 2). De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) varieert aanzienlijk per deelgebied (zie ook Figuur 16). Het is niet bekend of er hydrologische maatregelen worden genomen waardoor de grondwaterinvloed in de lagere delen wordt versterkt.
- Een eventuele ontgroning 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. 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.
- Op zandbodems met een Ca-t concentratie <10 mmol/l en/of een Ca-z concentratie <4000 $\mu\text{mol/l}$ wordt na ontgroning een eenmalige bekalking met 2000 kg Dolokal per hectare aanbevolen om de mate van buffering op peil te brengen en ter bevordering van de soortenrijkdom. Tevens wordt hiermee ammoniumophoping/-toxiciteit voorkomen (nitrificatie wordt geremd onder zure omstandigheden). Dit bekalkingsadvies is van toepassing op de locaties 4, 8, 11, 21 en 27. Wanneer de K-z concentratie <200-250 $\mu\text{mol/l}$ is zou dit gecombineerd kunnen worden met het opbrengen van een kalihoudend steenmeel (bijvoorbeeld 1000 kg Vulkamin per hectare). Uit onderzoek (De Graaf e.a., 2009) is namelijk gebleken dat in soortenarme heideterreinen de kaliumconcentraties in het zoutextract lager zijn dan in soortenrijke heiden en heischrale graslanden. 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. In het onderzoeksgebied liggen de K-z concentraties in geschikte bodemlagen niet lager dan 200 $\mu\text{mol/l}$.
- Na een eventuele ontgroning 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 verzuuring te voorkomen. In verband met het veranderende klimaat (extremere weersomstandigheden) wordt geadviseerd de hydrologische omstandigheden (bij vernatting) regelbaar te maken.

ONTWIKKELING KRUIDEN- EN FAUNARIJK GRASLAND

- Op plekken waar geen hoogwaardige, P-gelimiteerde natuurtypen worden ontwikkeld kan de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland worden een optie zijn. Bij recent ander onderzoek in (de voormalige) landbouwenclave Oude Willem, bij het Canadameer en in het Mantingerzand (in opdracht van Prolander) werden op droge, zandige bodems monsters verzameld van goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden die tot ontwikkeling zijn gekomen onder P-rijkere condities (13,1-16,3 $\mu\text{mol/l}$ totaal-P en 3820-6824 $\mu\text{mol/l}$ 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) nitraatconcentraties (<20-100 $\mu\text{mol/l}$) 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. 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. Voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijke graslanden onder droge condities zijn de volgende mogelijkheden in het gebied. Een combinatie van deze opties is natuurlijk ook mogelijk waarbij monitoring van de vegetatieontwikkeling en bodemchemie sterk wordt aanbevolen:
 - Stoppen met bemesting en een verschrallingsbeheer 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 (wellicht het geval in het onderzoeksgebied wanneer hydrologische maatregelen worden genomen) zijn voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijke graslanden voedselarmere condities gewenst

(circa 1200/1500 $\mu\text{mol/l}$) waarbij droogval van de toplaag in de zomerperiode belangrijk is.

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.
- 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'. *H₂O* **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.
- 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., M. van Mullekom, H. Tomassen & P. Westendorp (2019) Waterkwaliteitsproblemen tot in de bodem uitgezocht. De relatie tussen waterbodem en waterkwaliteit. Brochure 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.
- 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.

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 Van de locaties 5a, 31, 32 en 36 zijn slechts globale profielbeschrijvingen uitgevoerd. Hiermee werd vertraging van de aanvullend bemonsterde locaties voorkomen.

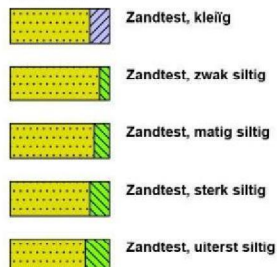
Legenda:

Legenda (conform NEN 5104)

grind



zandtest



veen



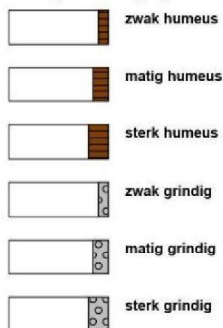
klei



leem



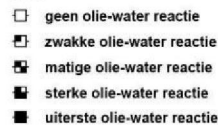
overige toevoegingen



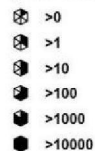
geur



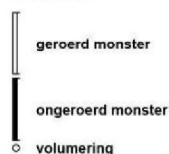
olie



p.i.d.-waarde



monsters



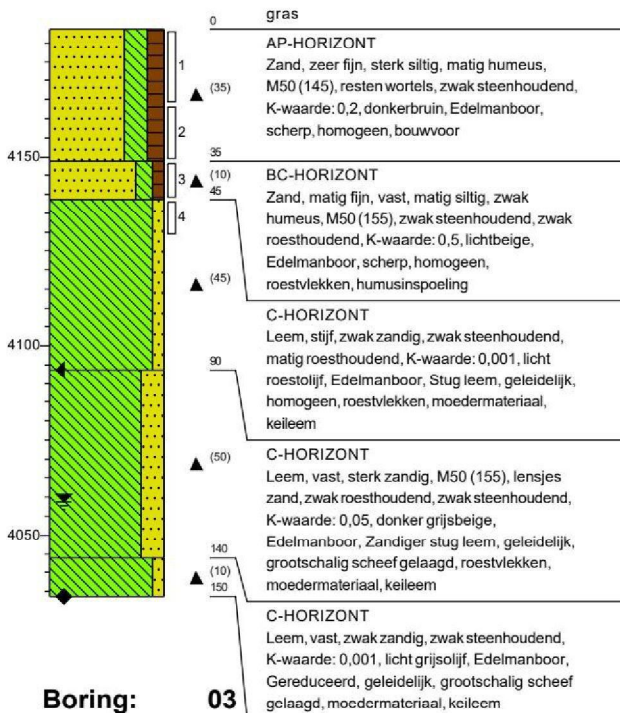
overig



Boring:

01

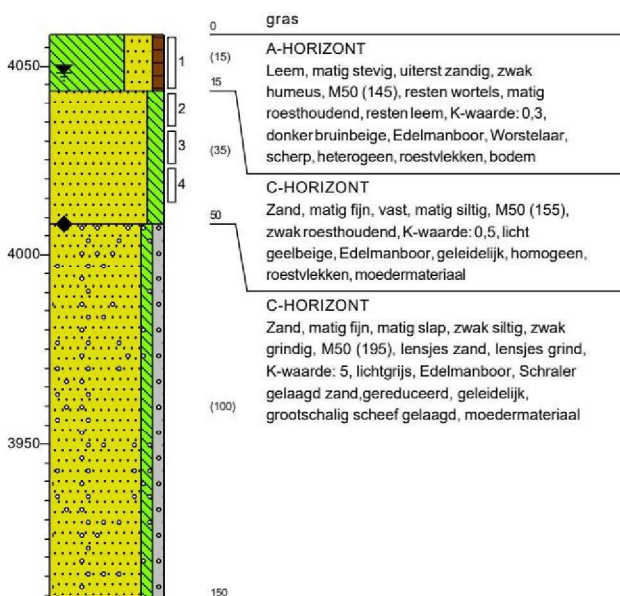
X: 252541,15
Y: 446065,56
Datum: 8-3-2022
Boormeester: 5.1.2e
N.A.P.: 41,837
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 125
GHG: 90
GLG: 150



Boring:

03

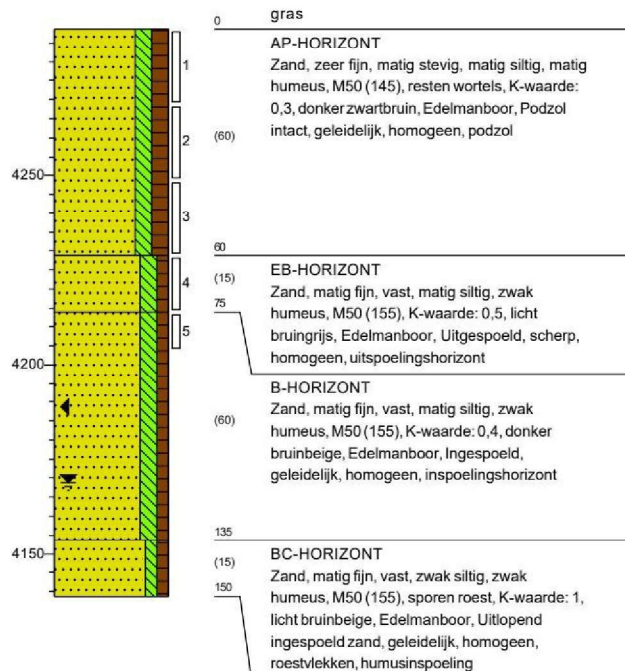
X: 252547,37
Y: 445817,90
Datum: 8-3-2022
Boormeester: 5.1.2e
N.A.P.: 40,583
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 10
GHG: 0
GLG: 50



Boring:

02

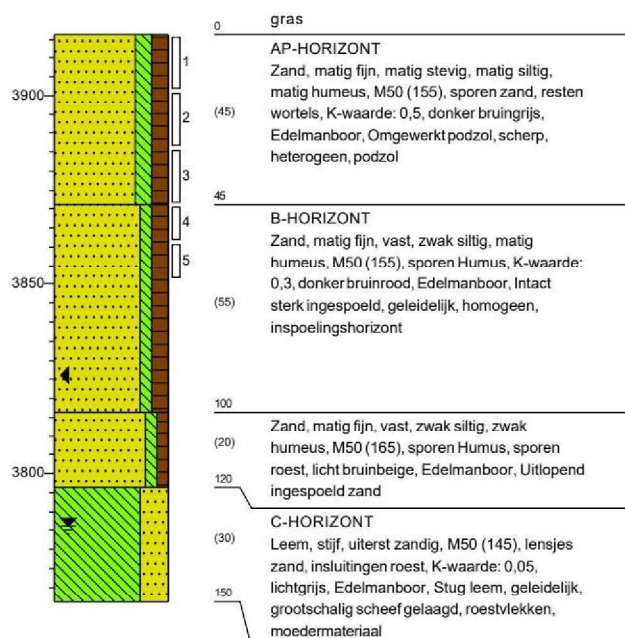
X: 252642,36
Y: 445954,11
Datum: 8-3-2022
Boormeester: 5.1.2e
N.A.P.: 42,887
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 120
GHG: 100



Boring:

04

X: 251381,05
Y: 445588,01
Datum: 8-3-2022
Boormeester: 5.1.2e
N.A.P.: 39,163
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 130
GHG: 90



Projectcode: PR-21.171

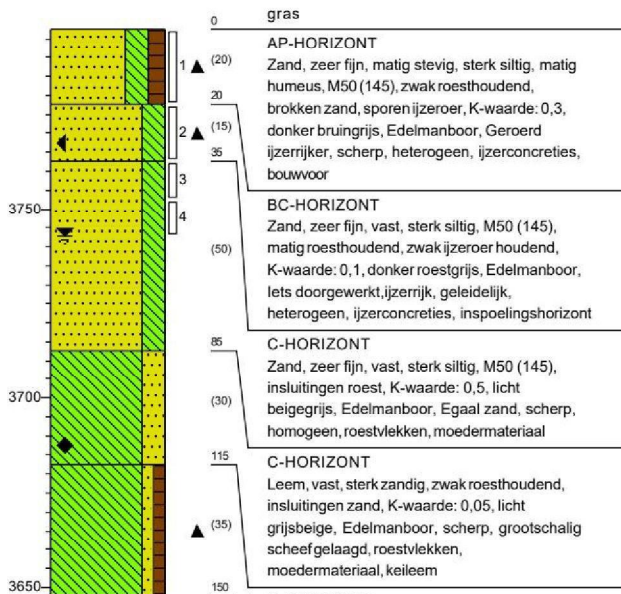
Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek Vennevertlose Beek

0034

Boring:

05

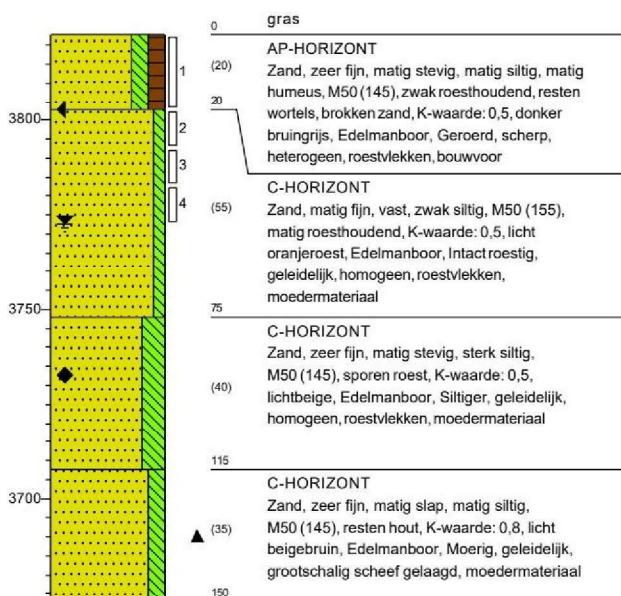
X: 251409,91
Y: 445720,60
Datum: 8-3-2022
Boormeester: 5.12e
N.A.P.: 37,976
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 55
GHG: 30
GLG: 110



Boring:

07

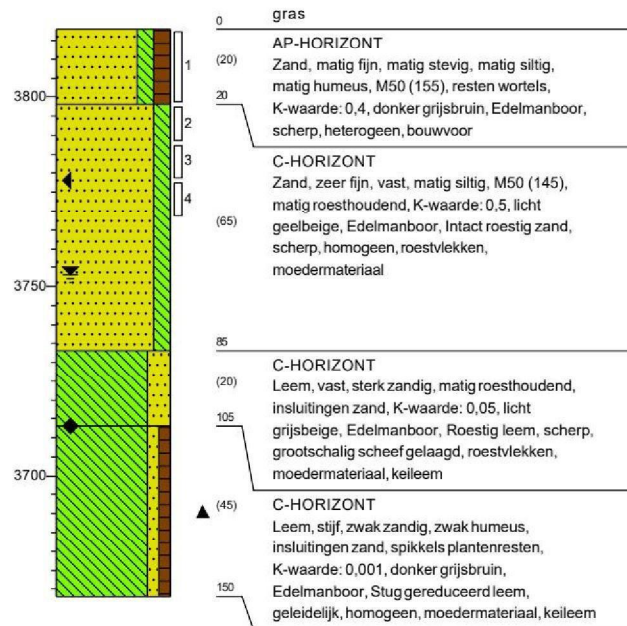
X: 251554,86
Y: 445723,15
Datum: 8-3-2022
Boormeester: 5.12e
N.A.P.: 38,228
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 50
GHG: 20
GLG: 90



Boring:

06

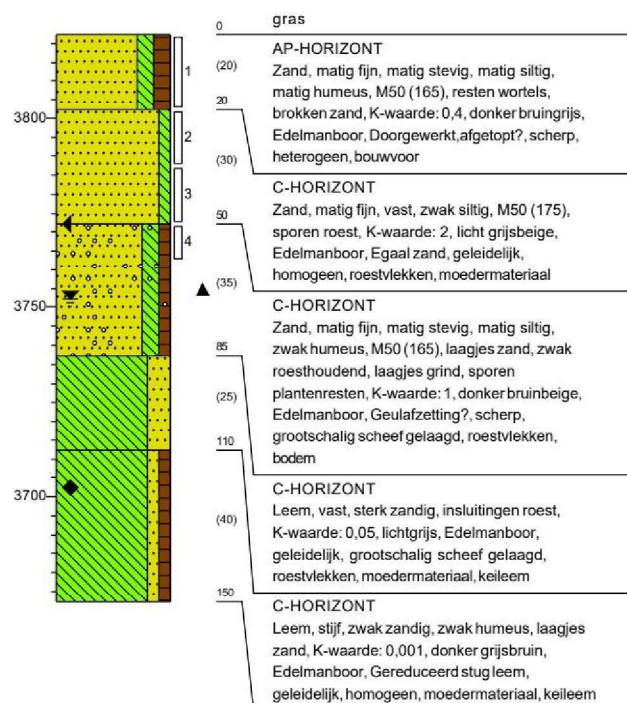
X: 251465,82
Y: 445646,72
Datum: 8-3-2022
Boormeester: 5.12e
N.A.P.: 38,182
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 65
GHG: 40
GLG: 105



Boring:

08

X: 251538,66
Y: 445624,39
Datum: 8-3-2022
Boormeester: 5.12e
N.A.P.: 38,224
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 70
GHG: 50
GLG: 120



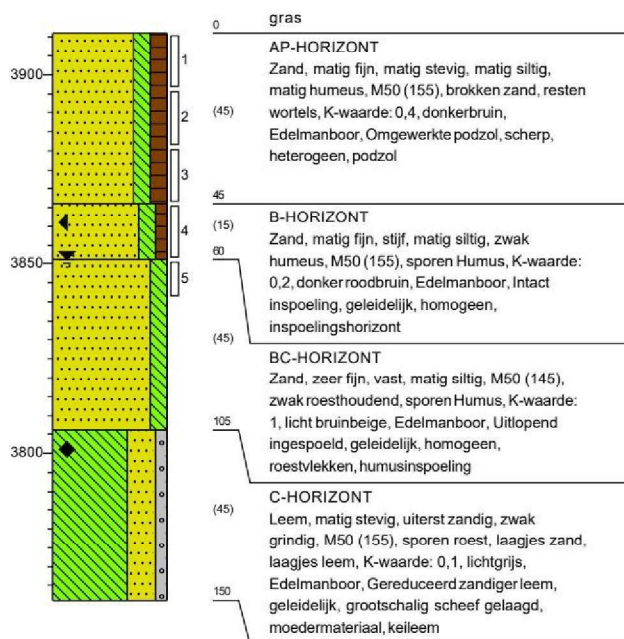
Projectcode: PR-21.171

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek Vennevertlose Beek

Boring:

09

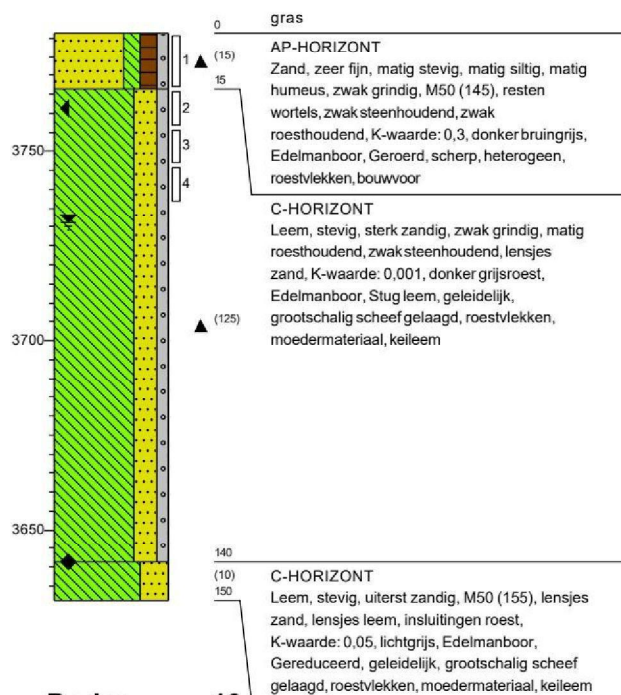
X: 251546,40
Y: 445491,94
Datum: 8-3-2022
Boormeester: 5.1.2e
N.A.P.: 39,111
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 60
GHG: 50
GLG: 110



Boring:

10

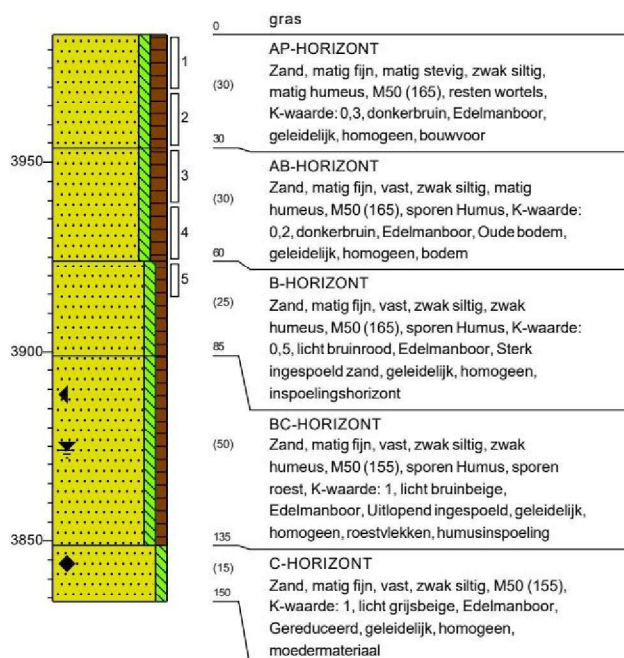
X: 251097,95
Y: 445631,00
Datum: 7-3-2022
Boormeester: 5.1.2e
N.A.P.: 37,814
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 50
GHG: 20
GLG: 140



Boring:

11

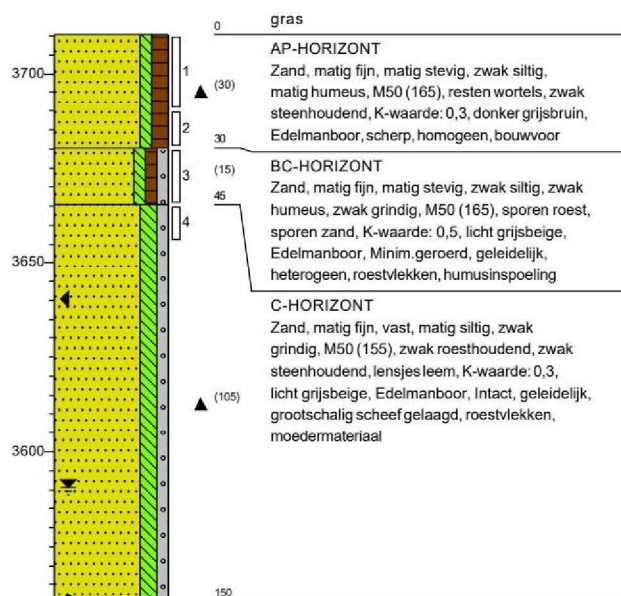
X: 251147,20
Y: 445516,99
Datum: 7-3-2022
Boormeester: 5.1.2e
N.A.P.: 39,839
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 110
GHG: 95
GLG: 140



Boring:

12

X: 250958,25
Y: 445724,84
Datum: 7-3-2022
Boormeester: 5.1.2e
N.A.P.: 37,104
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 120
GHG: 70
GLG: 150



Projectcode: PR-21.171

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek Vennevertlose Beek

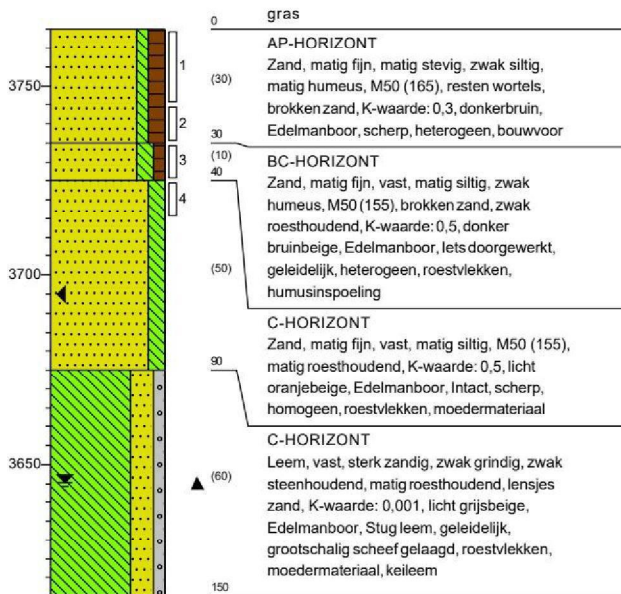
44454689

0034

Boring:

13

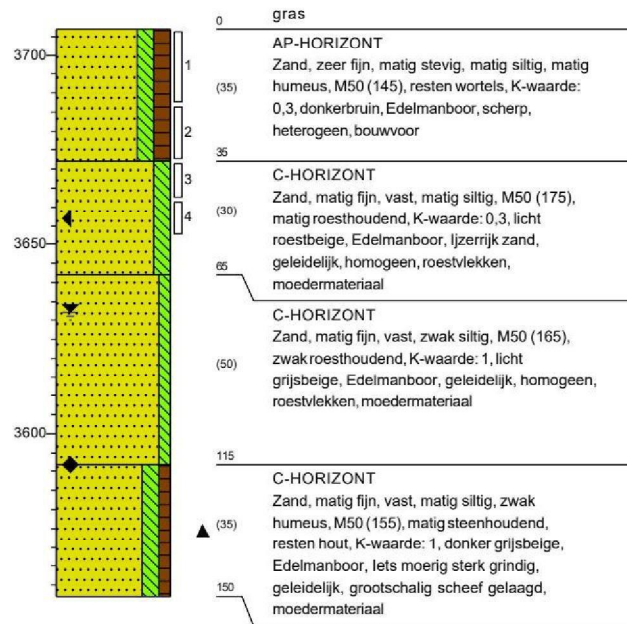
X: 250879,96
Y: 445652,11
Datum: 7-3-2022
Boormeester: 5.1.2e
N.A.P.: 37,651
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 120
GHG: 70



Boring:

14

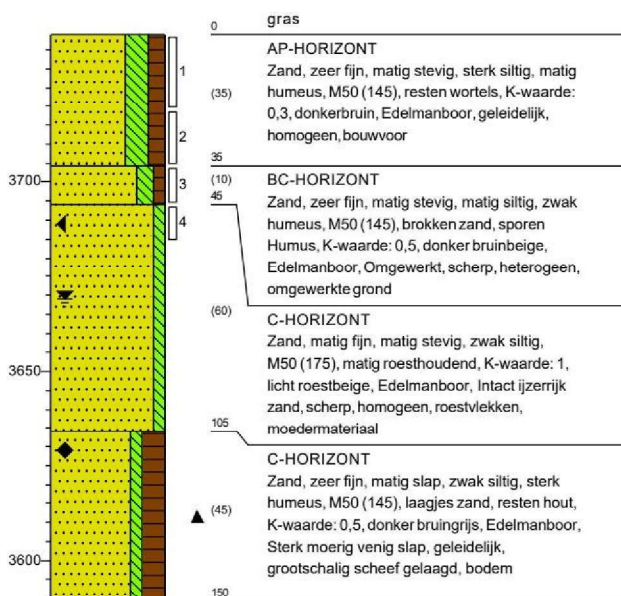
X: 250343,14
Y: 445891,09
Datum: 8-3-2022
Boormeester: 5.1.2e
N.A.P.: 37,071
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 75
GHG: 50
GLG: 115



Boring:

15

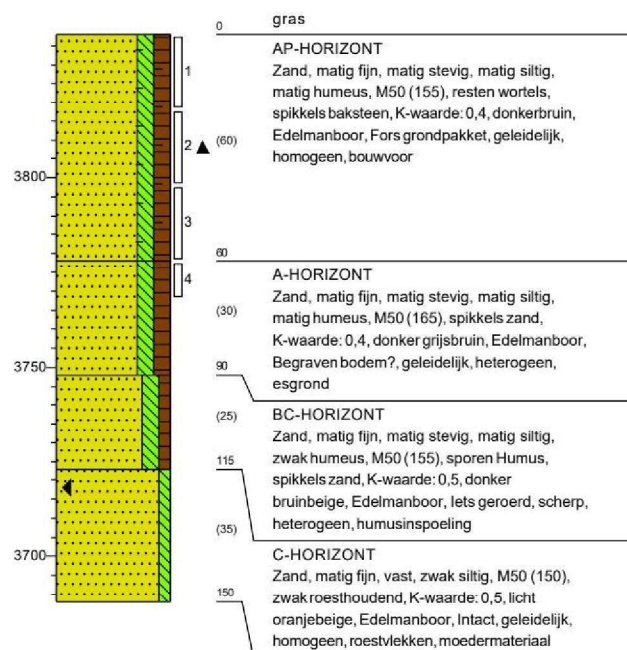
X: 250366,61
Y: 445842,67
Datum: 8-3-2022
Boormeester: 5.1.2e
N.A.P.: 37,392
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 70
GHG: 50
GLG: 110



Boring:

16

X: 250281,88
Y: 445869,77
Datum: 8-3-2022
Boormeester: 5.1.2e
N.A.P.: 38,38
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GHG: 120



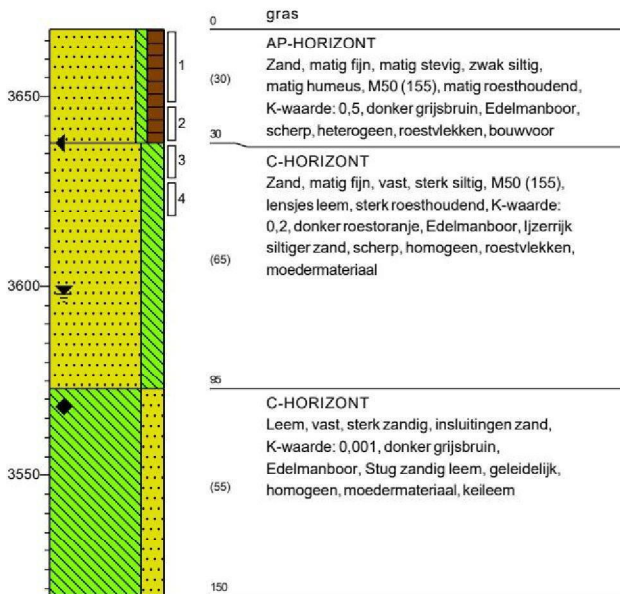
Projectcode: PR-21.171

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek Vennevertlose Beek

Boring:

17

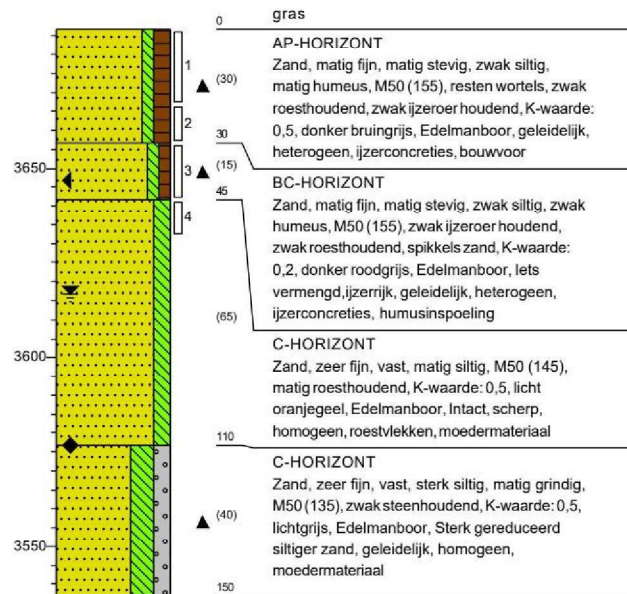
X: 250794,08
Y: 445890,45
Datum: 7-3-2022
Boormeester: 5.12e
N.A.P.: 36,681
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 70
GHG: 30
GLG: 100



Boring:

18

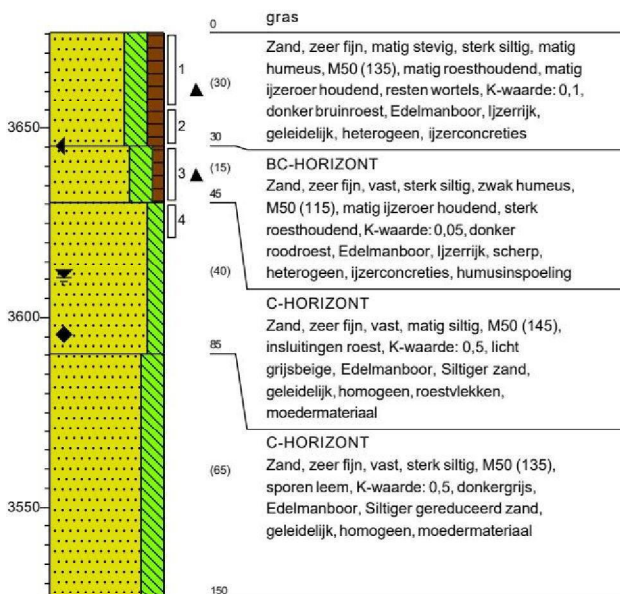
X: 250881,51
Y: 445821,32
Datum: 7-3-2022
Boormeester: 5.12e
N.A.P.: 36,869
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 70
GHG: 40
GLG: 110



Boring:

19

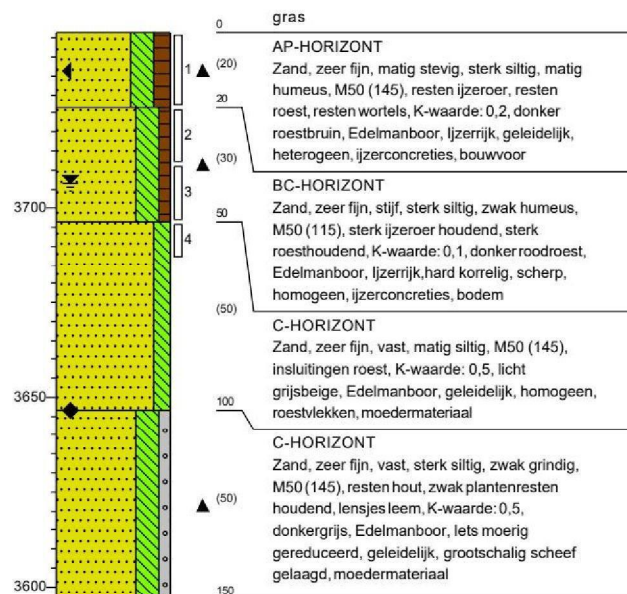
X: 250902,61
Y: 445912,85
Datum: 7-3-2022
Boormeester: 5.12e
N.A.P.: 36,755
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 65
GHG: 30
GLG: 80



Boring:

20

X: 250984,49
Y: 445851,51
Datum: 7-3-2022
Boormeester: 5.12e
N.A.P.: 37,465
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 40
GHG: 10
GLG: 100



Projectcode: PR-21.171

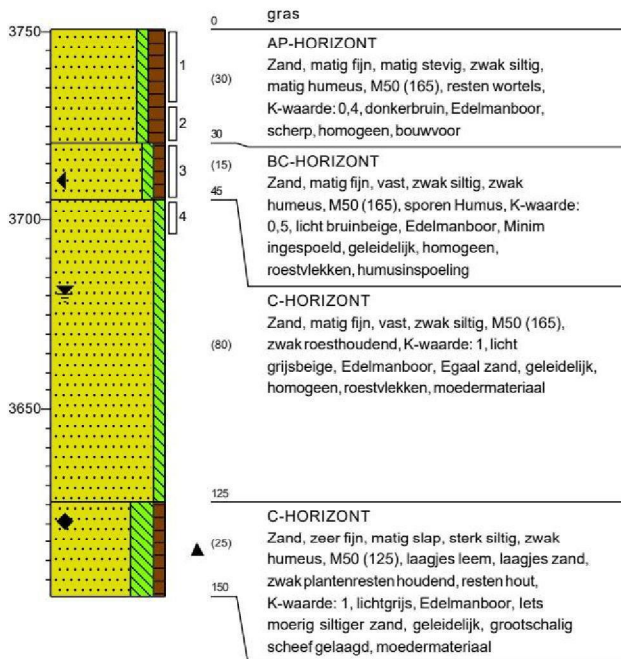
Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek Vennevertlose Beek

0034

Boring:

21

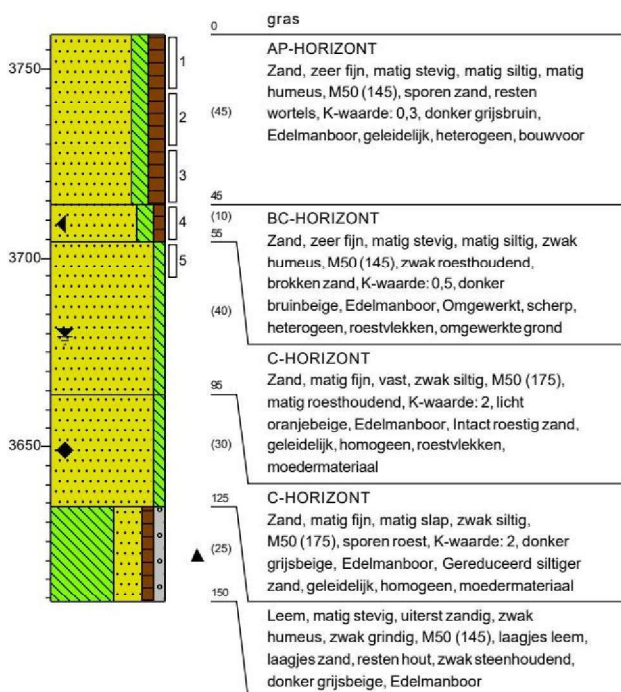
X: 251045,68
Y: 445988,42
Datum: 7-3-2022
Boormeester: **S. J. Ze**
N.A.P.: 37,506
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 70
GHG: 40
GLG: 130



Boring:

23

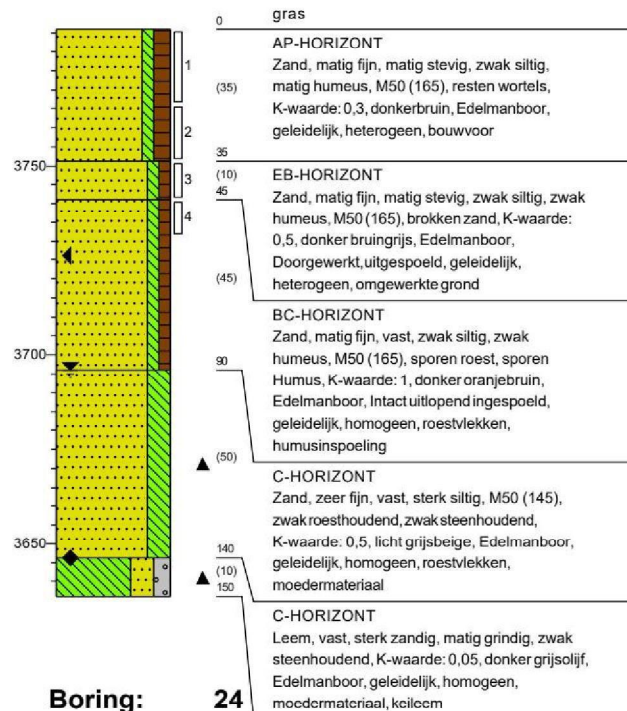
X: 250595,73
Y: 445863,75
Datum: 8-3-2022
Boormeester: **S. J. Ze**
N.A.P.: 37,592
Nauwkeurigheid GPS: GPS
GWS: 80
GHG: 50
GLG: 110



Boring:

22

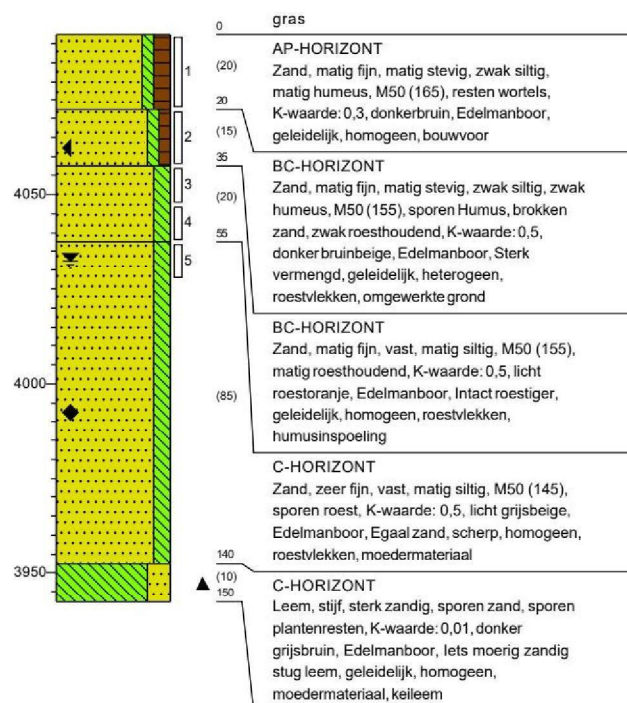
X: 251112,98
Y: 446076,97
Datum: 7-3-2022
Boormeester: **S. J. Ze**
N.A.P.: 37,862
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 90
GHG: 60
GLG: 140



Boring:

24

X: 251607,80
Y: 444909,23
Datum: 7-3-2022
Boormeester: **S. J. Ze**
N.A.P.: 40,925
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 60
GHG: 30
GLG: 100



Projectcode: PR-21.171

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek Vennevertlose Beek

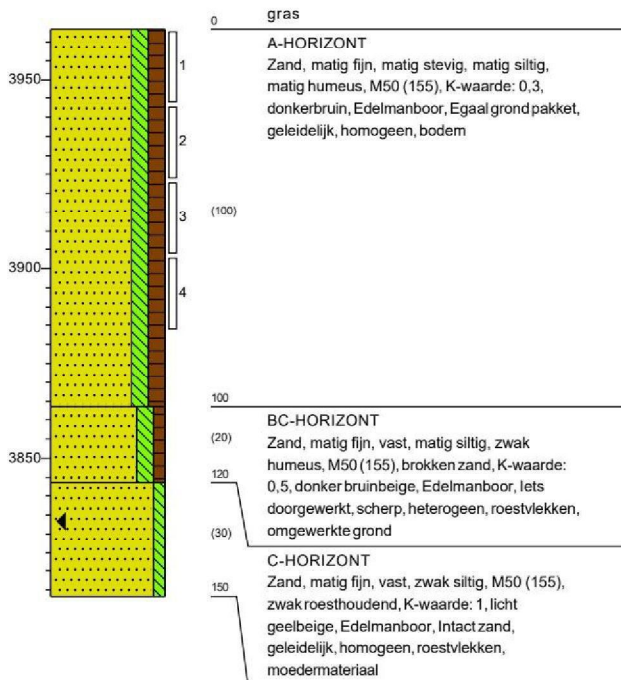
Boring:

25

X: 250541,68
Y: 445621,28
Datum: 8-3-2022
Boormeester: 5.1.2e
N.A.P.: 39,635
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

GHG: 130

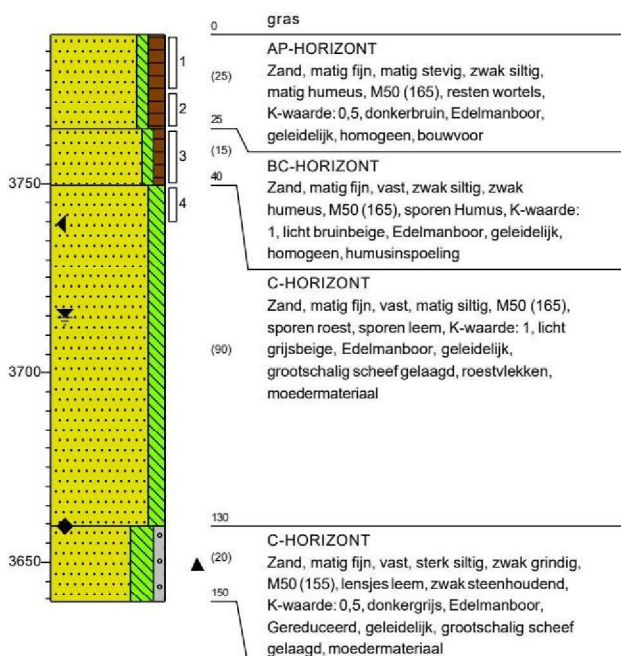
Opmerking: Kortrijker gras recent weken geleden bemest hoge kop



Boring:

27

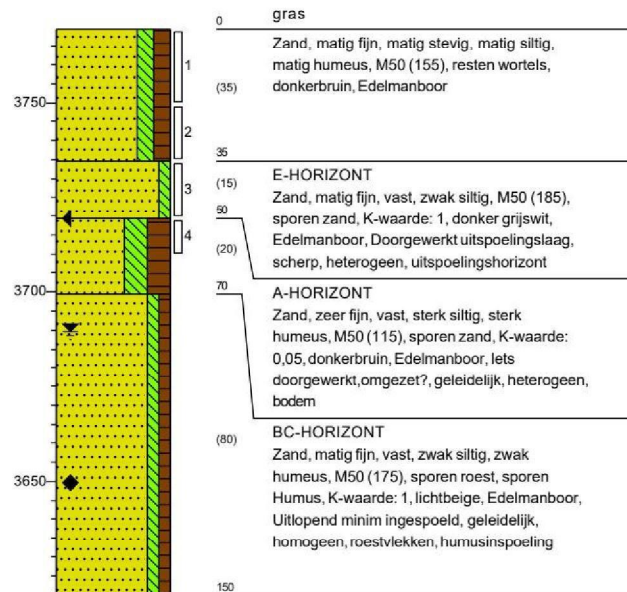
X: 250774,13
Y: 445571,86
Datum: 7-3-2022
Boormeester: 5.1.2e
N.A.P.: 37,896
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 75
GHG: 50
GLG: 130



Boring:

26

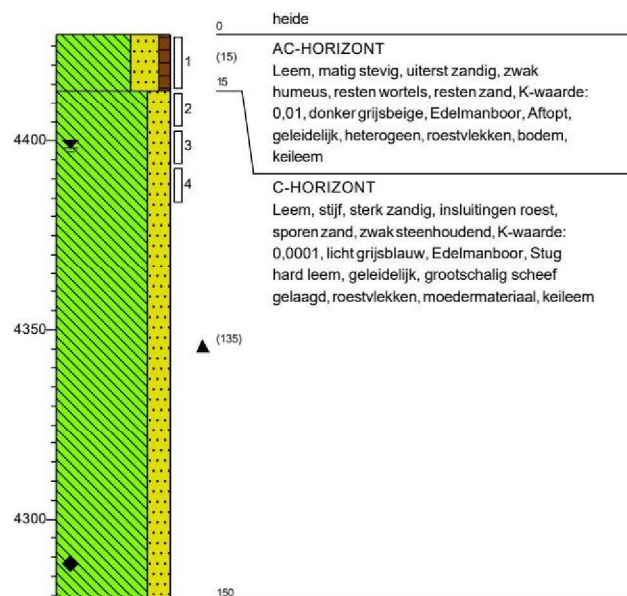
X: 250647,54
Y: 445670,22
Datum: 8-3-2022
Boormeester: 5.1.2e
N.A.P.: 37,696
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 80
GHG: 50
GLG: 120



Boring:

28

X: 253564,84
Y: 445901,56
Datum: 7-3-2022
Boormeester: 5.1.2e
N.A.P.: 44,282
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 30
GHG: 0
GLG: 140



Projectcode: PR-21.171

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek Vennevertlose Beek

8.2 Bijlage 2 - Abiotische referentiedata beoogde natuurbeheertypen

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 m² 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 12 en Figuur 17 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. Deze locaties vallen deels in de rompgemeenschap van Bochtige smeie (*Deschampsia flexuosa*) (19RG02). 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 17). In heischrale graslanden in het buitenland worden voor de basenverzadiging overigens vaak waarden tussen de 50% en 70% gemeten.

Tabel 12. Bodemchemie van een soortenarme en soortenrijke vorm van de associatie 19Aa1 van habitatype H6230 en de bijbehorende rompgemeenschap, waarbij de pH gemeten is in een zoutextract (pH-NaCl), de uitwisselbare calciumconcentratie in $\mu\text{mol/kg}$ bodem (Ca-NaCl), de aluminiumcalciumratio in mol/mol (Al/Ca-ratio), de anorganische ammoniumconcentratie in $\mu\text{mol/kg}$ bodem (NH₄-NaCl) en de basenverzadiging (BV) in procenten gemeten in het strontiumextract. Bron: Weijters e.a., 2020.

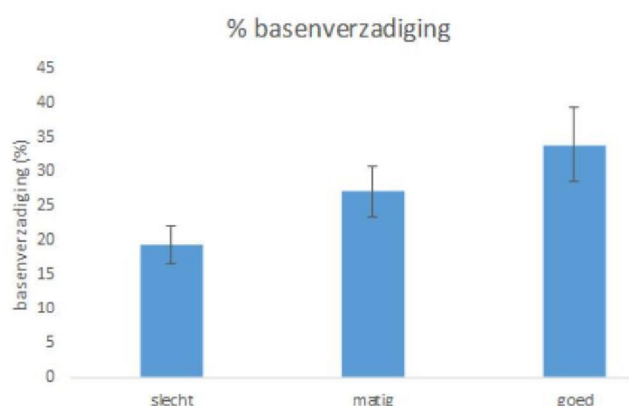
		pH-NaCl	Ca-NaCl ($\mu\text{mol/kg}$)	Al/Ca-ratio	NH ₄ -NaCl ($\mu\text{mol/kg}$)	BV (%)	P-Olsen ($\mu\text{mol/kg}$)
Associatie van Liggend walstro en Schapegras (19Aa1) soortenarm	Galio hercynici-Festucetum ovinae (19Aa1) soortenarm	3,0-3,5	800-1000	2,5-4,0	-	27%	<400
Associatie van Liggend walstro 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 13. Randvoorwaarden voor een soortenarme en soortenrijke vorm van twee subassociaties van habitatype H4030, waarbij de pH gemeten is in een zoutextract (pH-NaCl), de uitwisselbare calciumconcentratie in $\mu\text{mol/kg}$ bodem (Ca-NaCl), de aluminiumcalciumratio in mol/mol (Al/Ca-ratio) en de anorganische ammoniumconcentratie in $\mu\text{mol/kg}$ bodem (NH₄-NaCl). Bron: Weijters e.a., 2018.

		pH-NaCl	Ca-NaCl ($\mu\text{mol/kg}$)	Al/Ca-ratio	NH ₄ -NaCl ($\mu\text{mol/kg}$)
Associatie van Struikhei en stekelbrem (20Aa01)	Genisto anglicaе-Callunetum (20Aa01)				
Typische sub associatie	Genisto anglicaе-Callunetum typicum (20Aa01b)	2,6-4,3	400-2300	2-10	<250
soortenrijke heischrale subassociatie	Genisto anglicaе-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 anglicaе-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

Daarnaast moet de Olsen-P concentratie ook voldoende laag zijn (<400 $\mu\text{mol/kg}$ 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 Muizenootje (*Hieracium pilosella*) vrijwel alleen voorkomen op locaties waar de ammoniumconcentratie in de bodem lager is dan 200 $\mu\text{mol/kg}$ bodem (Weijters e.a., 2020).



Figuur 17. 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.

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 Struikheide 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 smeide (*Deschampsia flexuosa*) (20RG1), een sterk gedegradeerde vorm van de droge heidevegetatie, aangetroffen (Weijters e.a., 2018).

Aan de hand van een analyse van referentiedata (GRIP database B-WARE) zijn bodemchemische randvoorwaarden opgesteld voor het voorkomen van genoemde vegetatie-eenheden (Tabel 13). 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 13 genoemde parameters zal ook de voor planten beschikbare fosforconcentratie voldoende laag moeten zijn voor droge heide (150-400 $\mu\text{mol/kg}$ bodem; bij een soortelijk gewicht van 1,25 kg/l komt dit overeen met 185-500 μmol per liter verse (zand)bodem (Weijters e.a., 2018). Dit komt overeen met de Olsen-P range voor natte heide (100-500 $\mu\text{mol/l}$).

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 kleigehoud van de bodem):

- Natte heide: <(300-)500 $\mu\text{mol/l}$ bodem (totaal-P veelal < 2,5-3,0 mmol/l);
- Nat schraalland: (<)300-500 $\mu\text{mol/l}$ bodem;
- Vochtig hooiland: 300-800/900 $\mu\text{mol/l}$ bodem;

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 18. 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 $\mu\text{mol/l}$ en Olsen-P concentraties van 150-400 $\mu\text{mol/l}$. Onder zeer natte condities kan een kleine zeggenvegetatie tot ontwikkeling komen. Bij concentraties van circa 10.000-25.000 $\mu\text{mol/l}$ (Ca-t veelal >20 mmol/l) en Olsen-P concentraties van 200-500 $\mu\text{mol/l}$ 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.

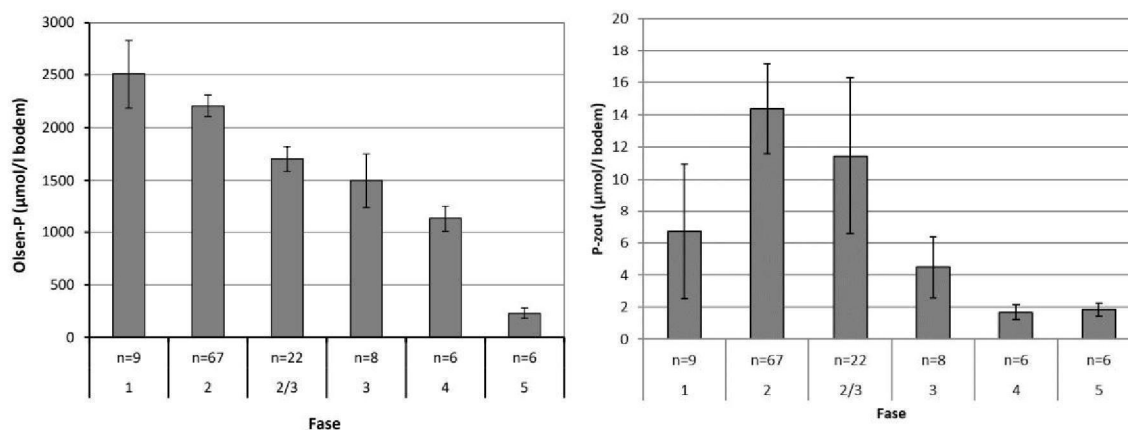
Wanneer na een eventuele ontgronding aanvullend verschrallingsbeheer vereist is duidt dit erop dat de bodem na ontgronding nog niet voldoende P-arm is voor de beoogde ontwikkeling. Een aanvullend verschrallingsbeheer biedt hier wel mogelijkheden om de gewenste P-concentraties binnen redelijke termijn 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 verschralling vereist is of wanneer voedselrijke toplagen worden vernat) verruiging met bijvoorbeeld pitrus optreden die een belemmering kan vormen voor de beoogde ontwikkeling (Figuur 19). 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 19. Pitrusontwikkeling op percelen die na inrichting nog beperkt tot matig vervuurd zijn met fosfaat (Olsen-P concentraties 600-850 $\mu\text{mol/l}$). Aanvullend verschrallingsbeheer 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 faunairijk grasland

Uit onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (<900-1200/1500 $\mu\text{mol/l}$; 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 20. Olsen-P (links) en P-z (rechts) concentratie in $\mu\text{mol/l}$ 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 21. 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 ($P-z < 1-2 \mu\text{mol/l}$) en ook de nitraatconcentratie laag is ($< 50-100 \mu\text{mol/l}$). 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 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).

Literatuur

- 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.
- 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.
- 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.
- 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 5.1.2e (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

8.3 Bijlage 3 - Bosontwikkeling

Bosontwikkeling op voormalige landbouwgronden 5.1.2e B-WARE)

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 notitie 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 ($> \pm 2$ 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 verzuuring 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 leemfractie 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.

In onderstaande tabel worden een aantal relevante bodemchemische kenmerken van enkele bostypen gegeven.

Tabel 14. 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 ($\mu\text{mol/l}$)	P-z ($\mu\text{mol/l}$)	Totaal-P (mmol/l)	NH ₄ -z ($\mu\text{mol/l}$)	NO ₃ -z ($\mu\text{mol/l}$)	Totaal-Ca (mmol/l)	Ca-z ($\mu\text{mol/l}$)	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)

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 (maar zie opmerking 11).

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 riviereengebied, 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 stikstof (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.

B-ware

www.b-ware.eu